

# Technická univerzita v Liberci

## FAKULTA PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ A PEDAGOGICKÁ

**Katedra:** Geografie

**Studijní program:** Matematika

**Studijní obor:** Matematika se zaměřením na vzdělávání, Geografie se zaměřením na vzdělávání

### Těžba uranu v lokalitách Hamr, Křižany, Stráž pod Ralskem

### Uranium mining in areas Hamr, Křižany, Stráž pod Ralskem

**Bakalářská práce:** 12-FP-KGE-043

**Autor:**

Karolína NOSKOVÁ

**Podpis:**

\_\_\_\_\_

**Vedoucí práce:** doc. RNDr. Alois Hynek, CSc.

#### Počet

stran	grafů	obrázků	tabulek	pramenů	příloh
56	2	2	9	19	3

V Liberci dne: 28. 6. 2012

## Čestné prohlášení

**Název práce:** Těžba uranu v lokalitách Hamr, Křižany a Stráž pod Ralskem

**Jméno a příjmení autora:** Karolína Nosková

**Osobní číslo:** P09001136

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že má bakalářská práce je ve smyslu autorského zákona výhradně mým autorským dílem.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Prohlašuji, že jsem do informačního systému STAG vložil/a elektronickou verzi mé bakalářské práce, která je identická s tištěnou verzí předkládanou k obhajobě a uvedl/a jsem všechny systémem požadované informace pravdivě.

V Liberci dne: 28. 6. 2012

---

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat všem, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Poděkování patří hlavně panu doc. RNDr. A. Hynkovi, CSc. za vedení této práce, za jeho podporu a rady. Dále bych chtěla poděkovat i mé rodině a přátelům, kteří mě trpělivě podporovali při psaní této práce.

## **Anotace**

Cílem této práce bylo zmapovat těžbu uranu, od jejích počátků, kdy byl tento prvek objeven, až po současnost. Stručně jsem popsala historický vývoj i současnou situaci ve světě i na domácí scéně. Dále jsem se zaměřila na lokality Hamr, Křižany a Stráž pod Ralskem, zejména na dnešní stav, kdy zde probíhají sanační a rekultivační práce. A v poslední řadě se zabývala budoucím vývojem ve zkoumaných lokalitách.

**Klíčová slova:** těžba uranu, sanační práce, loužení in-situ, životní prostředí, jaderná energie, odkaliště

## **Abstract**

The goal of this work is to map the mining of uranium, from its beginning when was discovered, to the present. I briefly described the historical development and current situation in the world and in the homeland. I further looked at the site Hamr, Křížany and Stráž pod Ralskem, especially I looked at present time, where are redevelopment and restoration works take place. And lastly I dealt with future development in these examined areas.

**Keywords:** uranium mining, redevelopment, in-situ leaching, environment, nuclear energy, pond

# Obsah

SEZNAM ZKRATEK .....	8
ÚVOD .....	9
1. TĚŽBA URANU VE SVĚTĚ A U NÁS, ODPŮRCI A PŘÍZNIVCI .....	10
1.1. Uran jako prvek.....	10
1.2. Těžba a zpracování uranu.....	10
1.3. Objev uranu, historie těžby ve světě .....	12
1.4. Ložiska ve světě .....	14
1.5. Historie těžby u nás .....	21
1.6. Ložiska u nás .....	24
1.7. Odpůrci a příznivci.....	29
2. LOKALITY HAMR, KŘÍŽANY A STRÁŽ POD RALSKEM .....	31
2.1. Geografická charakteristika .....	31
2.2. Hamr na Jezeře .....	31
2.3. Křížany .....	33
2.4. Stráž pod Ralskem.....	33
3. POČÁTKY, PRŮBĚH A KONEC TĚŽBY V LOKALITÁCH HAMR, KŘÍŽANY, STRÁŽ POD RALSKEM.....	35
3.1. Počátky a průběh těžby .....	35
3.2. Ukončení těžby.....	36
4. SANAČNÍ PRÁCE – ZÁTĚŽE, RIZIKA, POLITIKA, VÝSLEDKY .....	37
4.1. Zátěže těžby uranu .....	37
4.2. Politika .....	40

4.3. Výsledky sanačních prací.....	43
5. BUDOUCNOST LOKALIT HAMR, KŘIŽANY, STRÁŽ POD RALSKEM...	49
5.1. Sanační práce .....	49
5.2. Budoucnost těžby uranu.....	51
ZÁVĚR .....	52
POUŽITÁ LITERATURA .....	53
SEZNAM PŘÍLOH.....	55

## SEZNAM ZKRATEK

CHLÚ – Chráněná ložisková území

ČEPS – Česká energetická přenosová soustava

ČEZ – České energetické závody

ČR – Česká republika

EU – Evropská unie

ISL – in-situ loužení

NDS – Neutralizační a dekontaminační stanice

o. z. TÚU – odštěpný závod Těžba a úprava uranu

SLKR – Stanice likvidace kyselých roztoků

SSSR – Svaz sovětských socialistických republik

USA – Spojené státy americké

ZML – Zpracování matečních louhů



## ÚVOD

Za posledních 100 let došlo k obrovskému rozmachu jaderné energie. Objevením uranu a jeho radioaktivity se začala těžba této rudy zvyšovat a docházelo k prvním pokusům, které vyvrcholily vynálezem atomové bomby. Po prvních testech a následného použití těchto zbraní v roce 1945 na japonská území, se mnoho tehdejších států začalo snažit o výrobu vlastní atomové zbraně. Postupem času se začala rozvíjet stavba jaderných elektráren, které dnes patří k nejekologičtějším. První jaderný reaktor byl spuštěn v USA. Jeho hlavním významem byla výroba plutonia pro atomové bomby. Jako první byla postavena jaderná elektrárna v roce 1954 v Obninsku v bývalém SSSR.

Z počátku si nikdo neuvědomoval, že jaderná energie je sice tzv. čistou energií, ale jejímu vzniku předchází těžba uranové rudy, jejíž následná úprava má nedožité následky pro životní prostředí a lidské zdraví.

Již na začátku 80. let minulého století se začaly ozývat první hlasy proti. Když roku 1986 došlo k havárii v Černobylské jaderné elektrárně, projevila se otevřeně negativní stránka využití uranu. Totiž to, že nejenom jaderné zbraně mohou mít katastrofální následky. A důsledkem toho byl celosvětový prudký útlum těžby uranové rudy v rámci ochrany životního prostředí. Avšak na počátku 21. století vlivem ekonomické situace se výšila poptávka po uranu a tak došlo k opětovnému otevírání dolů.

A právě touto věcí bych se ráda zabývala ve své bakalářské práci. Chtěla bych popsat způsoby těžby, lokality bohaté na uranovou rudu ve světě, v celé České republice i vybrané lokality v Libereckém kraji a celou historii těžby v těchto lokalitách. Celou práci bych chtěla shrnout jako nezávislý pozorovatel, i když, jak je známo, lidská povaha málokdy odolá pokušení přiklonit se k jedné nebo druhé straně.

# 1. TĚŽBA URANU VE SVĚTĚ A U NÁS, ODPŮRCI A PŘÍZNIVCI

## 1.1. Uran jako prvek

Uran je chemický prvek skupiny aktinoidů (chemické prvky, jejichž atomové číslo je <90;103>) s chemickou značkou U a s atomovým číslem 92. Je směsí tří izotopů 99,2836 %  $^{238}\text{U}$  s poločasem rozpadu  $4,5 \cdot 10^9$  roků, 0,711 %  $^{235}\text{U}$  s poločasem rozpadu  $6,8 \cdot 10^8$  roků a 0,0054 %  $^{234}\text{U}$  s poločasem rozpadu cca 250 000 let. Uran obohacený izotopem  $^{235}\text{U}$  se používá hlavně pro výrobu rozbušky pro zážeh termonukleární jaderné hlavice v raketových systémech nebo k výrobě palivových článků do atomových elektráren (Ilustrovaný encyklopedický slovník: III. díl Pro-Ž 1982).

V čistém stavu to je stříbrolesklý radioaktivní kov s teplotou tání  $1\,132,3^\circ\text{C}$  a teplotou varu  $3\,818^\circ\text{C}$ . Je o 70 % těžší než olovo, což z něj činí jeden z nejtěžších kovů. V přírodě se vyskytuje v nerostech. Je známo na 70 uranových nerostů, vesměs kyslíkatých sloučenin. Primární nerosty obsahující čtyřmocný uran se vyskytují v magnetických horninách jako prosté oxidy, například uranium. Z druhotných uranových nerostů jsou nejdůležitější uranové slídy (Engels 1977, s.367).

Nejznámější nerost je uranium neboli smolinec. Jedná se o černý smolně lesklý nerost, oxid uraničitý. Tvoří kusové žilné výplně nebo ledvinité agregáty.

## 1.2. Těžba a zpracování uranu

Původně se uran těžil povrchovou těžbou, po vyčerpání ložisek se postupně přecházelo na těžbu hlubinnou. Získání uranu probíhalo dvojím způsobem. A to buďto hornickou těžbou (např. Jáchymov), nebo chemickým loužením (Hamr na Jezeře).

Uran netvoří obvykle souvislá ložiska, v čistém stavu ho lze nalézt v uranové rudě jen ve velmi malém podílu. Ruda je převážně tvořena křemenem, karbonáty či malými úlomky hornin z okolí, tzv. hlušinou. Většina uranových rud na našem území je považována za chudé, jelikož obsahují uran okolo 0,1 % (např. ložisko Hamr na Jezeře). Takové zjištění ukazuje, že na 1 kg uranu je potřeba přibližně 1 tuny uranové rudy.

Při hornické těžbě spočívají dobývací metody v běžném vrtání, střílení a odklizení rudy do sýpu pomocí vrátku. Nejprve se odvrtá série vrtů, pak se naládí a odstřelí. Počká se na vyvětrání zplodin a rozvolněná hornina se odtěží. Tato hornina obsahuje velké množství neužitečné hlušiny, která se musí od samotného uranu oddělit. Proto projdou kousky rudy úpravnou.

První úpravna u nás fungovala v letech 1946-1955 v Jáchymově, jelikož samotný uran zaujímá v rudě velmi malé procento, bylo by velmi nevýhodné přepravovat požadované množství uranu ihned po vytěžení. V České republice se poslední úpravna nachází v Dolní Rožínce a je jí závod GEAM. Ruda musí projít nejprve drtiči a mlýny, aby se rozpojila. Následně tuto rozdrcenou uranovou rudu lze upravit dvěma způsoby, podle chemického složení. Buďto je hlavním rozpouštědlem soda a děj probíhá v oxidačním prostředí (tak se děje v dole Rožná), nebo docházelo k rozpouštění kyselinou sírovou, což bylo mnohem drastičtější k životnímu prostředí.

Také se začali využívat radiometrické úpravny, což znamenalo, že při třídění se využívala radioaktivita uranu. Nadrčená ruda se strojově třídila na strojích, které po zaznamenání záření elektronicky zvedli klapku a ruda bohatší na uran se oddělila od zbytků. Tento způsob třídění však fungoval jen u rud bohatších.

Na ložiskách v okolí Hamru na Jezeře byly s těžbou značné problémy, až 20 % rudy bylo obtížně použitelných. To zpomalovalo práci až na 88 – 92 %. Zde se loužil uran pomocí vrtů tzv. in-situ loužením (ISL). Jeho princip spočívá ve vtlačování silně kyselých roztoků do zapažených vrtů, přičemž pažnice (duté umělohmotné roury

zpevňující stěny vrtu) jsou přerušeny pouze v místě uranových rudních poloh. Silně kyselé roztoky se tak dostávají do přímého kontaktu s uranovou rudou, ve které cirkulují, rozpouštějí uran a ten je dalšími vrty ve formě kyselých výluhů čerpán na povrch. Při této těžbě se používají k rozpouštění kyseliny nebo uhličitany. Jako kyselina se používá kyselina sírová nebo méně často kyselina dusičná. U uhličitánů to jsou hydrogenuhličitan sodný a uhličitan amonný nebo rozpuštěný oxid uhličitý. A dále docházelo ke zpracování v hydrometalurgické úpravně. Zde se uran následně vysrážel. Největší hydrometalurgická úpravna sloužila ve Stráži pod Ralskem v roce 1979 (Lepka 2004, s. 61).

První státy, kde se začalo těžit ISL metodou byly na počátku 60. let Spojené státy Americké a Sovětský svaz. Na konci roku 2008 byli v Americe již čtyři doly, ve kterých se těžilo in-situ loužením za pomoci hydrogenuhličitanu sodného. Další významné doly používající ISL jsou v Kazachstánu či Austrálii.

### ***1.3. Objev uranu, historie těžby ve světě***

V roce 1789 německý chemik Martin Heinrich Klaproth získal žlutý prášek z jáchymovského smolince, u kterého se do té doby předpokládalo, že byl jen směsí zinku a železné rudy. Klaproth svůj nový objev podrobil redukci uhlím a získal tak černý kovový prášek, který nazval uranium podle planety Uran, objevené roku 1781. V této rané fázi šlo však jen o kysličník uraničitý ( $\text{UO}_2$ ). Čistší formu tohoto kovu se podařilo připravit Francouzovi Eugénenovi-Melchiorovi Péligotovi až v roce 1856.

Nejvýznamnějším mezníkem v dalším výzkumu uranové rudy byl roku 1895 objev rentgenových paprsků. Tehdy se začali mnozí ptát, zda i jiné látky neprodukují podobné paprsky. Na základě této problematiky se Francouz Antoine-Henri Becquerel zabýval výzkumem a už v roce 1896 zaznamenal, že uran vysílá záření

podobné rentgenovým paprskům. Tento objev velmi zaujal známé fyziky, manžele Marii a Pierra Curriovi.

V následujících dvou letech se Curriovi věnovali výzkumu radioaktivity uranu, což vedlo ke zjištění, že některé nerosty uranu jsou radioaktivnější než jiné a následně k objevení dalších dvou prvků z uranové rudy – polonia a radia. Na to se rozpoutal velký boom ve zkoumání a dokazování existence dalších radioaktivních prvků.

Ve třicátých letech 20. století došlo v atomové fyzice k velkým objevům, a to že při ostřelování hliníku částicemi  $\alpha$  vzniká umělá radioaktivita a při reakci částic  $\alpha$  s beryliem nebo borem vzniká záření skládající se z neutronů. Díky těmto názorům se mnoho vědců domnívalo, že by se daly připravit prvky s větším nábojem jádra, než má uran. Enrico Fermi jako první přišel na to, že ostřelováním uranu neutrony získá ještě těžší atomová jádra. Takto získali řadu radionuklidů, které podle jejich chemických vlastností přiřadili k prvkům před a po uranu v Mendělejevově tabulce prvků. Objevy „nových“ prvků však byly vyvráceny v roce 1938, když se několika vědcům podařilo dokázat štěpení uranového jádra při ozařování tepelnými neutrony. Tyto jevy však nepocházeli z těžších prvků než uran ale od zlomků uranového jádra. Výsledky se zpočátku mnoha vědcům zdály nesmyslné a tak se nesetkaly s přílišným nadšením. Ještě téhož roku bylo díky několika pokusům dokázáno štěpení jádra. Za takový objev byla německému vědci Otto Hahnovi udělena Nobelova cena za chemii.

Postupně se zpráva o štěpení jader rozšířila mezi badatele ze zahraničí. Jelikož při tomto pokusu docházelo k uvolňování velikého množství energie, chopily se těchto výzkumů jak USA, tak i Německo. Už tehdy, v roce 1939, vznikla myšlenka zkonstruovat nový typ bomby, ve které by se vyvolala řetězová jaderná reakce v uranu a tím by se uvolnila energie s velkou ničivou silou. Na tento fakt upozornil Albert Einstein dopisem prezidenta Roosewelta a následně americká vláda začala financovat stavbu prvního jaderného reaktoru. Avšak ještě chvíli trvalo, než se podařilo vytvořit atomovou bombu. Ozařováním uranu získali izotop prvku, který byl v analogii se jmény planet – ..., Uran, Neptun, Pluto – nazván neptunium, a ten

přechází na další izotop prvku, plutonium. To mělo neobyčejně obrovský význam při výrobě jaderných zbraní. Tyto poznatky zveřejnily západní mocnosti až po druhé světové válce, aby nedošlo ke zneužití nacistickým Německem. Po velkém množství dalších pokusů došlo v roce 1945 konečně ke zkonstruování bomby. I když v témže roce došlo ke kapitulaci Německa, ještě stály proti sobě USA a Japonsko. Tento stav vyvrcholil použitím bomb na japonská města Hirošimu a Nagasaki.

I přesto, že svržení atomových bomb mělo katastrofální následky pro obyvatele i přírodu v okolí těchto měst, rozpoutalo to další výzkumy využití jaderné energie ve světě (Engels, Nowak 1977, s. 397).

#### **1.4. Ložiska ve světě**

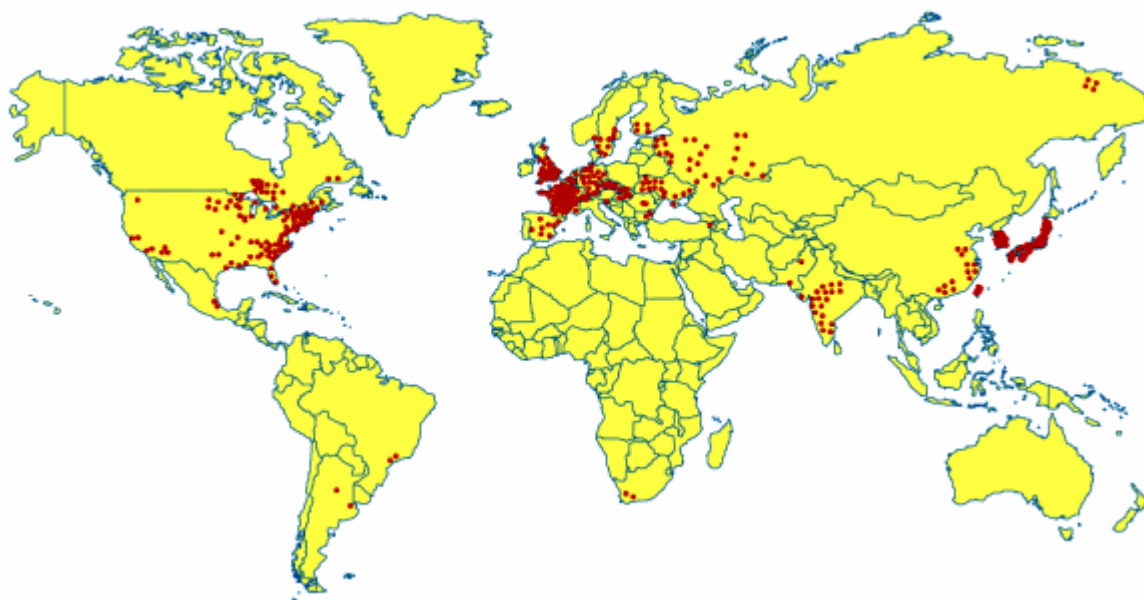
Podle odhadů bylo od roku 1945 vytěženo na světě přibližně 2,45 mil. tun uranu. Největší rozmach těžby nastal v 50. letech kvůli programům s jadernými zbraněmi a jadernou energií.

Uran se používá především pro výrobu energie v jaderných elektrárnách, ale lze ho využít například i pro výrobu zbraní, v lékařství, při konzervování potravin či při pěstování plodin.

První jaderný reaktor byl spuštěn ve Spojených státech amerických, ten však nesloužil na výrobu elektřiny, nýbrž k produkci plutonia. K dodávání proudu do sítě jako první sloužila jaderná elektrárna v Obninsku v SSSR v roce 1954, ze které je dnes muzeum a výzkumné centrum.

Dnes jaderné elektrárny vyrábí z uranu v jaderných reaktorech více než 14 % světové elektřiny. Ty jsou soustředěny převážně na východě USA (nachází se zde více jak 100 jaderných reaktorů), v Evropě (hlavně Francie, která z uranu získává až tři čtvrtiny energie) a v Japonsku (What is uranium? How does it work? 2012).

Obrázek 1: Rozložení jaderných reaktorů ve světě



*Zdroj: What is uranium? How does it work?. World Nuclear Association: Representing the people and organisations of the global nuclear profession [online]. 2012 [cit. 2012-05-3]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/education/uran.htm>*

Zdroje uranu můžeme hledat v mnoha horninách a dokonce nejen v nich. Existuje mnoho typů ložisek, některé však nejsou ekonomicky výhodné nebo na jejich těžbu nedostačuje technická vyspělost. Jako případné zdroje uranu může sloužit například i mořská voda, kde se ale vyskytuje jen ve velmi nízkých koncentracích. Uranové doly se nachází zhruba ve dvaceti zemích, ale více jak polovina světové produkce pochází z deseti dolů v šesti zemích. V současné době asi 54 % uranu pochází z povrchových či hlubinných dolů, které jsou těženy klasickou hornickou těžbou, 41 % je těženo loužením in-situ a zbylých 5 % uranu se získává jako vedlejší produkt při těžbě ostatních nerostných surovin.

Tabulka 1: Hlavní producenti uranu ve světě za rok 2009 dle WNA (Geofond 2010):

Kazachstán	27,6%	Uzbekistán	4,8%
Kanada	20,1%	USA	2,9%
Austrálie	15,8%	Ukrajina	1,7%
Namibie	9,1%	Čína	1,4%
Rusko	7,0%	Jižní Afrika	1,1%
Niger	6,4%	Brazílie	0,7%

Uran se nezískává pouze přímo, někdy se objevuje například jako vedlejší produkt při těžbě mědi, jak tomu je v dolu Olympic Dam v Austrálii, nebo vedlejší produkt z čištění jiných rud, jako jsou zlatonosné rudy v Jižní Africe či fosfátová ložiska v Maroku a na Floridě.

Podle odhadu je na světě zhruba 5 404 000 tun uranu (Tabulka 2). Současná světová poptávka po uranu je cca 68 500 tun uranu za rok (What is uranium? How does it work? 2012).



Tabulka 2: Známé vytěžitelné zdroje uranu k roku 2009 (OECD NEA & IAEA)

	tun U		tun U
<b>Austrálie</b>	1 673 000	<b>USA</b>	207 000
<b>Kazachstán</b>	651 000	<b>Čína</b>	171 000
<b>Kanada</b>	485 000	<b>Jordán</b>	112 000
<b>Rusko</b>	480 000	<b>Uzbekistán</b>	111 000
<b>Jižní Afrika</b>	295 000	<b>Ukrajina</b>	105 000
<b>Namibie</b>	284 000	<b>Indie</b>	80 000
<b>Brazílie</b>	279 000	<b>Mongolsko</b>	49 000
<b>Niger</b>	272 000	<b>další</b>	150 000

### **Uranové doly ve střední Asii:**

#### **Kazachstán**

Kazachstán je v současnosti největším producentem uranu na světě. Vlastní důležité zdroje uranu na padesát let. Uranové průzkumy začaly v roce 1948 a ložiska byla nalezena v několika částech země. Asi 50 uranových ložisek jsou známy v šesti provinciích státu. Na začátku 70. let byly provedeny úspěšně zkoušky s ISL, které vedly k dalšímu zkoumání.

Od roku 1997 funguje v Kazachstánu národní atomová společnost Kazatomprom, která řídí jak veškerý uranový průzkum a těžbu tak i jadernou energetiku.

## **Rusko**

V Rusku se výroba uranu postupně zvyšuje. V roce 2010 bylo vyprodukováno cca 3 500 tun uranu hlavně z několika velkých podzemních dolů v oblasti zvané Transbajkal či v jihovýchodní Sibiři u čínských a mongolských hranic. Tato ložiska byla objevena v roce 1967 a od tohoto roku byla hlavním zdrojem uranové těžby.

Ruská společnost, která se stará o uranový průzkum a těžbu se nazývá AtomRedMetZoloto (ARMZ). Jedná se o státní společnost.

## **Uzbekistán**

Uzbekistán v minulosti poskytoval velkou část své uranové rudy Sovětskému svazu na jeho vojenské pokusy. V dnešní době některá ložiska provozuje státní společnost Navoi.

## **Uranové doly v Severní a Jižní Americe:**

### **Kanada**

Kanada se řadí na druhé místo v žebříčku největších producentů uranu na světě. Uranové rudy zde vešly v povědomí veřejnosti již ve 30. letech 20. století kvůli těžbě rádia, který je produktem rozpadu uranu. Ještě než se plně objevilo nebezpečí radiace, bylo radium používáno například jako světelné barvivo.

Průzkum uranu začal opravdově až v roce 1942 pro obranné účely. Od roku 1952 bylo v provozu 23 uranových dolů. Hlavní centrum bylo okolo města Elliot Lake v Ontariu. Největší rozmach těžby nastal v roce 1959.

Později, v reakci na rozvoj jaderné energie, byly v 70. letech průzkumy uranu obnoveny v provincii Saskatchewan. Následně bylo objeveno velké ložisko McArthur River. Na počátku 90. let se vláda Saskatchewanu stejně jako ve většině světa přiklápěla k omezené těžbě uranu, ale tato politika byla nakonec opuštěna

po vypracování studie, která tvrdila, že výhody těžby převažují nad dopady, a ty nakonec mohou být minimalizovány.

V současné době provozuje těžbu na ložisku McArthur River společnost Cameco. Toto ložisko je v provozu od roku 1999 a je považováno za největší na světě.

### **Spojené státy Americké**

V 50. letech byla těžba uranu podporována státními dotacemi obzvláště kvůli výzkumům s jadernou energií. Nejvyšší produkce je zaznamenána v roce 1980, kdy bylo v provozu 250 dolů a vytěžilo se až 16 800 tun uranu. Kolem roku 1984 nastal náhlý pokles a těžilo se pouze z 50 dolů (vyrobena 5 700 tun uranu). Od té doby těžba stále klesala až do roku 2003, kdy vlivem nárůstu cen uranu byla některá těžba opět obnovena. Od roku 2008 je v provozu minimálně 15 dolů, přičemž v deseti z nich se těží hornickým způsobem a ve zbylých pěti ISL.

### **Brazílie**

Uranové zásoby Brazílie ji řadí na 7. místo ve světě. Ložiska se nachází na osmi různých místech státu. Kvůli brazilské přírodě bylo prozkoumáno jen 25 % území. První důl Caetité byl otevřen v roce 1976.

### **Australské uranové doly:**

V dnešní době australský podíl na světové produkci činí přibližně 16 %. Z počátku po prvních úspěších s těžbou uranu vláda zakázala v 70. letech otvírat další doly. Těžbu povolila až po vyšetření dopadu na životní prostředí. Ze zprávy vyplynulo, že rizika by se dala zvládnout, ale těžba se musí regulovat s ohledem na domorodé kmeny.

První australské ložisko, ze kterého se těžilo, bylo Rum Jungle v Severním teritoriu v letech 1954 až 1971. Následovaly ložiska Radium Hill v Jižní Austrálii a Mary Kathleen v Queenslandu.

V Severním teritoriu se nacházely ještě doly Ranger (od roku 1980), Jabiluka a Nabarlek (objeveno v 60. letech, těžit se začalo v letech 70.), v Západní Austrálii to byl Yeelirrie a v Jižní Austrálii Olympic Dam.

Olympic Dam zahájil těžbu v roce 1988 a produkuje asi 3 500 tun uranu za rok.

Ložisko Beverley v Jižní Austrálii, které zahájilo provoz v roce 2000, je prvním australským ložiskem, které používá pro těžbu metodu loužení in-situ. Vyprodukuje asi 600 tun uranu za rok. Druhým ložiskem s těžbou ISL je Honeymoon s produkcí cca 340 tun uranu za rok, které se opět nachází v Jižní Austrálii a je v provozu od roku 2011.

### **Africké uranové doly:**

#### **Gabon**

V roce 1956 bylo v okolí města Mounana objeveno Francouzskou komisí pro atomovou energii uranové ložisko. Těžilo se zde v letech 1960 až 1999 a vyrobilo se téměř 28 000 tun uranu povrchovou i hornickou těžbou z podzemí.

#### **Namibie**

Namibie má dva velké doly, které produkují 9 % světové produkce uranu. Prvním je důl Roössing, kde se těží od roku 1976. Za rok 2010 bylo vytěženo asi 3 083 tun uranu, což z něho dělá třetí největší uranový důl na světě. Na začátku roku 2000 bylo oznámeno, že důl bude v roce 2009 uzavřen, ale v roce 2005 při postupném navyšování cen uranu byla těžba prodloužena minimálně do roku 2016.

Druhý důl se nazývá Langer Heinrich a produkuje kolem 1 400 tun uranu za rok.

## **Niger**

Niger vlastní dva významné doly, Arlette a Akouta. Akouta zahájil výrobu v roce 1970 a Arlette následoval v roce 1971. Dnes stojí Niger na 6. místě v největších producentů uranu na světě se svými 6 %.

## **Jihoafrická republika**

V JAR byla výroba uranu jen jako vedlejší produkt při těžbě mědi či zlata. Tento způsob získávání uranu je tudíž velmi závislý na získávání hlavní suroviny.

### ***1.5. Historie těžby u nás***

#### **Období před druhou světovou válkou**

V 19. století vstoupila průmyslová revoluce do českých zemí a tím začal postupně stoupat význam barevných kovů. Nejvýznamnější se stalo olovo, cín a rtuť a poté zinek, antimon a kobalt. Postupně se začínající výrobou ušlechtilých ocelí se tak zvyšoval zájem o wolfram, nikl i uran. Avšak v centru zájmu státu stály drahé kovy, jejichž zásoby byly na našem území skoro vyčerpány. Těžba stříbra i několika barevných kovů se postupně přesouvala do dolů v Jáchymově a v Příbrami. V roce 1850 byla provedena v Jáchymově změna ve správě a ve vybavení potřebném k těžbě, čímž se ještě více rozvinula těžba stříbra a později i uranu. Ruda se zde dobývala až do hloubky 665 metrů a Jáchymov tak patřil k nejhlubším dolům světa. Hlavní rudou zde byl smolinec obsahující 65 % uranu. Ten byl od roku 1852 zpracováván na barviva sklářských výrobků (žlutá a zelená). Do roku 1891 zde bylo vyrobeno 664 q uranových barev. Po vytěžení do neekonomičtější hloubky byla práce pozastavena až do roku 1902 (Majer 2004). V tomto roce došlo k objevu radia z odpadu uranových barev. Následně nato byla v roce 1908 v Jáchymově postavena radiová laboratoř a nastala tak nová fáze těžby uranu. Ve 20. letech 20. století bylo

v Jáchymově vytěženo okolo 200 tun uranové rudy ročně a do počátku 30. let se Čechy podíleli okolo 45 % na světové výrobě rádia.

V době hrozby nebezpečí vypuknutí druhé světové války, svět zaznamenal velký objev – štěpení atomového jádra. Tento poznatek mohl výrazně ovlivnit průběh války. Do Spojených států se v létě roku 1939 dostala tajná zpráva z Německa, že mnoho atomových vědců bylo soustředěno do Ústavu císaře Viléma Berlin-Dahlem a ke svým výzkumům získali velké množství uranové rudy z Československa. Bylo velmi pravděpodobné, že nacistické Německo si nenechá tuto šanci proklouznout mezi prsty a tak i v USA začal podobný výzkum.

### **Období 1945 – 1989**

Období po druhé světové válce patří v historii těžby uranu u nás k jednomu z nejzajímavějších a nejproduktivnějších.

Těsně po válce navštívila Jáchymov skupina vysokých sovětských důstojníků a následně na to obsadili vojáci Rudé armády všechny tamější doly. Od tohoto kroku si československá vláda slibovala úspěšnou smlouvu o prodeji uranové rudy do SSSR. Už v roce 1945 byla tato smlouva uzavřena a podíl československé a sovětské strany měl být 1:1. Avšak postupem času tato smlouva byla tajně upravována ve prospěch SSSR. Důkazem by mohla být už jen cena za 1 kg uranu v rudě. V roce 1948 to bylo až 1 680 Kč (převeďeno na novou cenu po reformě 1953) a v letech 1963 přibližně 610 Kč.

Roku 1946 v březnu vznikl národní podnik Jáchymovské doly, který sídlil ve stejnojmenné obci. Od této doby se těžba zvyšovala. V padesátých letech, kdy těžba uranu dosahovala svého vrcholu, bylo zaznamenáno až 46 000 zaměstnanců v tomto odvětví. Ještě v roce 1989 zde pracovalo asi 34 000 lidí. Avšak zajistit dostatečné množství dělníků představovalo v této době problém. Proto

došlo k transportům vězňů do Jáchymova, Příbrami a do Slavkova, aby zde vykonávali ty nejhorší a zdraví nejškodlivější práce.

Rok 1968 byl v uranovém průmyslu přelomový. V Příbrami na Generálním ředitelství se představitelé shodli, že do doby, než okupační vojska odejdou z Československa, přestanou dodávat uranovou rudu do Sovětského svazu. Následně poté začala i generální stávka zaměstnanců uranového průmyslu. Ta však trvala jen pár dní, vzhledem k rychle se měnící politické situaci i kvůli tomu, že velké množství zaměstnanců bylo ze SSSR nebo tam alespoň studovali. Po této události mnoho odborníků emigrovalo a ti, kteří zůstali na svých postech, prošli prověrkou komunistů. Pokud prošli a nebyli odvoláni, zůstali na svých místech nebo povýšili.

Pro orientaci by se těžba uranu u nás dala rozdělit na tři základní etapy. V letech 1945 – 1958 se začala těžba nově rozvíjet, docházelo i k výstavbě nových těžebních závodů. V těchto letech proběhla i řada průzkumů ve snaze najít další těžitelná ložiska. V druhém období 1958 – 1968 docházelo naopak k menšímu útlumu z ekonomických důvodů. V porovnání s jinými státy nebyly československé doly nejproduktivnější a navíc zaměstnávaly zbytečně mnoho zaměstnanců. V poslední etapě, v letech 1968 – 1989, byla práce v některých podnicích utlumována či dokonce existovala snaha o její zastavení (Lepka 2004, s. 250).

### **Období 1989 – současnost**

Toto období bylo poznamenáno především útlumem uranové těžby, což bylo hned z několika důvodů. Jednak se v 90. letech rozšířila otázka ochrany životního prostředí, čemuž těžba uranové rudy rozhodně nepřispěla, dále trval již od poloviny 80. let trvalý pokles cen uranu či se snížil zájem našeho největšího odběratele – Ruska. A konečným důležitým faktorem byly i vysoké náklady na těžbu a zpracování uranu.

## 1.6. Ložiska u nás

Celá Česká republika je charakteristická svou rozmanitou geologickou stavbou na malém území, jelikož leží ve středu Evropy u hranice hercynské mezoevropy a neoidní neoevropy. Nachází se zde téměř všechny známé horniny i velká část rudních a nerudních ložisek, což se týká i uranu.

Tabulka 3: Počet ložisek, zásoby a těžba k 31. 12. 2011 (Geofond 2011)

ROK	2007	2008	2009	2010	2011
Počet ložisek celkem	7	7	7	7	7
z toho těžených	1	1	1	1	1
Zásoby celkem, t U	135 729	135 553	135 425	135 316	135 276
bilanční prozkoumané	1 677	1 545	1 426	1 416	1 406
bilanční vyhledané	19 435	19 428	19 420	19 427	19 402
nebilanční	114 617	114 581	114 579	114 518	114 468
vytěžitelné	643	503	377	374	338
Těžba, t U	291	261	243	237	252

ČR se řadila k nejvýznamnějším světovým producentům uranu. Od počátku těžby do 50. let se obchodovalo s uranovou rudou, ale významnějším obchodovatelným produktem byl uranový koncentrát, který z počátku nebylo možné získávat kvůli stavu tehdejší techniky, avšak od 70. let se vyráběl v chemické úpravovně nebo při chemické těžbě. Díky velké těžbě v letech 1945 – 2004, která dosahovala téměř 109 000 tun uranu, se Česká republika zařadila v historii na 7. místo na světě. Veškeré potřeby uranu byly v minulosti plně zajišťovány domácí produkcí.



V roce 2000 to bylo ještě 93 %, avšak postupným útlumem těžby dosahuje do roku 2008 asi jedné třetiny celkových potřeb. Zbytek je dovážen ze zahraničí.

Kvůli ochraně individuálních údajů soukromých dovozců nejsou dovozy uranu zveřejňovány. Společnost ČEZ dováží zpracovaný uran ve formě paliva pro jaderné elektrárny Dukovany a Temelín. Dukovany odebírají palivo od ruské společnosti TVEL, pro Temelín bylo dováženo od společnosti Westinghouse, avšak od roku 2009 dováží společnost TVEL palivo i do Temelína.

V období 2000 až 2005 byla veškerá domácí produkce uranu použita pro zpracování na jaderné palivo pro atomové elektrárny Dukovany a Temelín, nicméně v letech 2006 – 2007 byla část české těžby uplatňována i na světovém trhu kvůli narůstajícím cenám (viz tabulka 4, 5).

Tabulka 4: Vývoz uranu – zpracovaný (Geofond 2011)

ROK	2006	2007	2008	2009	2010
Vývoz, t	529	420	131	103	169

Tabulka 5: Ceny uranu – zpracovaný (Geofond 2011)

ROK	2006	2007	2008	2009	2010
Průměrné vývozní ceny, Kč/kg	1 345	1 745	2 491	3 717	3 522

Většina uranových ložisek (cca 85 %) byla vytěžena hlubinnou těžbou, 0,3 % povrchovou těžbou a zbytek (14,7 %) podzemním vyluhováním z vrtů. Na našem území se podle klasifikace IAEA vyskytuje pouze žilný a pískovcový typ ložiska.

Žilný typ se dále rozděluje na tři podtypy. U prvního jsou žilné systémy hydrotermálního původu v metamorfovaných horninách. Zrudnění je velmi nerovnoměrné, ruda má mocnost do 1 metru a obsah uranu se pohybuje od 0,1 % do maximálně 1 %. Mezi tyto ložiska můžeme zařadit například Příbram, Jáchymov, Horní Slavkov. Další podtyp se také nachází v metamorfovaných horninách, zrudnění je nerovnoměrné a mocnost rudy je od několika metrů až do 10 metrů. Obsah uranu je zde mezi 0,03 % až 0,9 %. Patří sem Rožná, Okrouhlá Radouň, Olší, Dyleň aj. U posledního žilného typu je zrudnění rovnoměrné a obsah uranu se pohybuje mezi 0,03 % až 0,13 %. Sem se řadí například Vítkov 2 či Nahošín.

Pískovcový typ ložiska se u nás vyskytuje především na severu Čech. Ruda má mocnost od několika decimetrů do několika metrů. Obsah uranu se pohybuje mezi 0,03 % a 0,14 %. Jedná se mimo jiné o ložiska Stráž, Hamr a Křižany.

K roku 2011 je známo celkem sedm evidovaných ložisek (bilančních) ložisek, ale uran je získáván pouze ze dvou, přičemž jen ložisko Rožná je těženo (Surovinové zdroje České republiky 2011).

Uranové doly jsou na našem území často spojovány i s pracovními tábory. První vznikaly již za druhé světové války pro francouzské a sovětské válečné zajatce. Po válce vznikly tři typy pracovních táborů a to zajatecké tábory, tábory nucené práce a nápravně pracovní tábory. Vězni z těchto zařízení vykonávali tu nejtěžší a nejnebezpečnější práci na dolech.

Těžbu uranu lze historicky rozdělit do několika oblastí. Jsou jimi Jáchymov, Příbram, Horní Slavkov, Východočeská a Severočeská oblast. Severočeskou oblast lze dále rozdělit na Stráž a Hamr.

Tabulka 6: Oblasti těžby uranu

Oblast těžby	Těženo v letech
Jáchymov	1939 – 1964
Horní Slavkov	1948 – 1962
Příbram	1950 – 1991
Severočeská – Stráž	1967 – 1996 (dodnes probíhají sanační práce)
Severočeská – Hamr	1972 – 1993
Východočeská	1958 – neukončeno

### Některá důležitá ložiska na území České republiky:

#### Jáchymov

Jáchymov je město v Karlovarském kraji, které vzniklo v 16. století jako centrum těžby stříbra.

Těžba zde probíhala v letech 1939 až 1962. Místo bylo známo jako největší uranové ložisko v Čechách. Po druhé světové válce se zde nacházely všechny tři pracovní tábory.

#### Horní Slavkov

Horní Slavkov se opět nachází v Karlovarském kraji v okrese Sokolov. Uran se zde těžil v letech 1948 až 1962. Vytěžilo se zde asi 2 668,3 tun uranu na ploše o rozloze 21,7 km<sup>2</sup>. Těžba tu probíhala obdobně jako na ložisku Stráž a to hlubinným hornickým způsobem.

## **Příbram**

Příbram je historické horní město ve Středočeském kraji. Uran se zde těžil od roku 1950 až do roku 1991 a to hlubinnou těžbou. Po druhé světové válce se v okolí také nacházely všechny tři pracovní tábory. Vyskytuje se zde skoro 2 188,3 kilometrů důlních chodeb do hloubky skoro 1 400 metrů. Ruda byla zpracovávána jak na fyzikální úpravně v oblasti Bytíz, tak i na chemické úpravně v Mydlovarech.

Od roku 2005 je v provozu nová čistírna vod kvůli kontaminovaným podzemním vodám vlivem hornické činnosti.

## **Rožná**

Obec Rožná se nachází v kraji Vysočina v okrese Žďár nad Sázavou. Počátek těžby spadá do roku 1958 a o deset let později zde byla v provozu i chemická úpravna a dvě odkaliště. Nachází se zde asi 580 kilometrů důlních chodeb do hloubky 950 až 1 100 metrů pod povrchem.

Ložisko Rožná je dosud jediným ložiskem, kde stále probíhá těžba. Původně byla naplánovaná uzávěrka dolu na rok 2008, ale v roce 2007 byla těžba na ložisku prodloužena a bude pokračovat, dokud bude ekonomicky výhodná. Podle odhadů by zásoby měly vydržet do roku 2014.

Probíhá zde hlubinná těžba uranu. Ruda se postupně sestřeluje a o patro níž se odpouští. Ukládá se do sýpu, což jsou zásobníky se spodním vypouštěním. Horníci postupují od spodu až po horní patro. Těženou rudu vypustí do vozu. Úplně nakonec se vytěžují i zbylé ochranné pilíře. Ruda se vyváží na povrch, drtí, mele a louží.

## **1.7. Odpůrci a příznivci**

Otázka odpůrců a příznivců těžby uranu je velmi široké téma, jelikož zasahuje do mnoha oborů. Těžba zajišťuje práci lidem žijícím v regionu, kde se uranová ruda těží, a tím i zvyšuje životní úroveň. Avšak samotná těžba je nepříznivá k životnímu prostředí a má negativní dopad na zdraví jak horníků, tak i obyvatel v bezprostředním okolí těženého ložiska.

Dále i způsob zpracování a využití má své dva úhly pohledu. Jednak se jaderná energie považuje za mnohem ekologičtější než například rozšířenější uhelná. Ale uran nelze přikládat do kotlů, jako je tomu u uhlí. Musí se chemicky upravovat. Nejprve oddělit od zbylé rudy a dále zpracovat na jaderné palivo. To se děje právě obohacováním uranu, což je opět škodlivé k životnímu prostředí.

Ale nejenom těžba uranu má své odpůrce, nýbrž i samotná výroba energie v jaderných elektrárnách. Po havárii v Černobylu v roce 1986 se zvedla první vlna odporu proti této „čisté energii“. Postupem času s vývojem nových technologií se stávaly atomové elektrárny mnohem důvěryhodnější a i přes protesty se dále stavěly. Tyto vody opět rozvířila havárie v jaderné elektrárně ve Fukušimě, ke které došlo po zemětřesení a tsunami v Japonsku 11. března 2011. Mnoho států v reakci na krizi v Japonsku začalo přehodnocovat svoji závislost na jaderné energii. Jeden z nich, který se začal od jaderné energie odklánět, bylo i Německo. Po celé zemi byly zahájeny anti-nukleární protesty, které vyústily usnesením vlády, že do roku 2022 uzavře Německo svých 17 jaderných elektráren. Elektrárna Krümmel je nepoužívaná už čtyři roky. V březnu 2011 bylo odstaveno sedm starších reaktorů, které byly postaveny před rokem 1980. Do roku 2021 by mělo být uzavřeno šest dalších elektráren a nejnovější tři do roku 2022. Tyto uzavírky byly na druhé straně výhodné i pro Českou republiku, konkrétně pro ČEPS, která prodejem elektřiny do Německa v loňském roce vydělala nejvíc peněz za celou svou historii. V tomto duchu se dá předpokládat i postup samotného Japonska, které využívá jadernou energii

od roku 1960. V roce 2010 dosáhla energie z jaderných elektráren na 30 % veškeré energie v zemi. Po krizi elektrárny Fukušima se podíl jaderné energie spíše snižuje.

Jednou z důležitých světových organizací, která se ve svých kampaních zabývá převážně změnou klimatu a energetikou, tudíž i jadernou energetikou, je mezinárodní ekologická organizace Greenpeace. Jedním z jejích cílů je zavést použití energie z obnovitelných zdrojů a skončit tak s těžbou uhlí, ropy i uranu. Česká republika je kvůli útlumu těžby zcela závislá na dovozu paliva do jaderných elektráren z Ruska, což ale neřeší tento globální problém.

S podobným programem existuje v České republice i občanské sdružení Naše Podještědí, jež bylo založeno přímo za účelem informovat společnost o programech státního podniku Diamo, který se zabývá útlumem uranového a rudného hornictví a také uranovou těžbou. Naše Podještědí vzniklo přímo na základě plánů podniku Diamo na otevření těžby uranu v novém ložisku Kotel-Osečná, jelikož se v této lokalitě nachází velmi vydatné prameniště pitné vody. Došlo by k masivnímu znečištění, obdobně jako tomu bylo v okolí ložiska Stráž pod Ralskem (viz. Zátěže těžby uranu).

A naopak se nachází i spousta příznivců uranové těžby. Jak už bylo zmiňováno, mnoho lidí zde našlo práci a po ukončení těžby byli nuceni se stěhovat za prací do jiných lokalit. To mnělo za následek snížení životní úrovně v celé oblasti, jelikož nastal odliv kupní síly.

## **2. LOKALITY HAMR, KŘÍŽANY A STRÁŽ POD RALSKEM**

### **2.1. Geografická charakteristika**

Hamr na Jezeře, Křižany i Stráž pod Ralskem leží na severu Čech v Libereckém kraji na rozmezí bývalých okresů Česká Lípa a Liberec. Uran se nachází v sedimentárních útvech České křídové pánve tvořených převážně pískovci.

Oblast leží v Hercynském systému, provincii Česká vysočina, subprovincii Česká tabule, oblasti Severočeská tabule a celku Ralská pahorkatina (Demek 1987).

### **2.2. Hamr na Jezeře**

Hamr na Jezeře najdeme v severovýchodní části okresu Česká Lípa pod vrcholem Děvín a Ostrý (Hamerský špičák) u Hamerského rybníka. Hamerský rybník, o rozloze 56 ha, je zásobován z řeky Ploučnice. Obec leží v nadmořské výšce 320 m až 340 m.

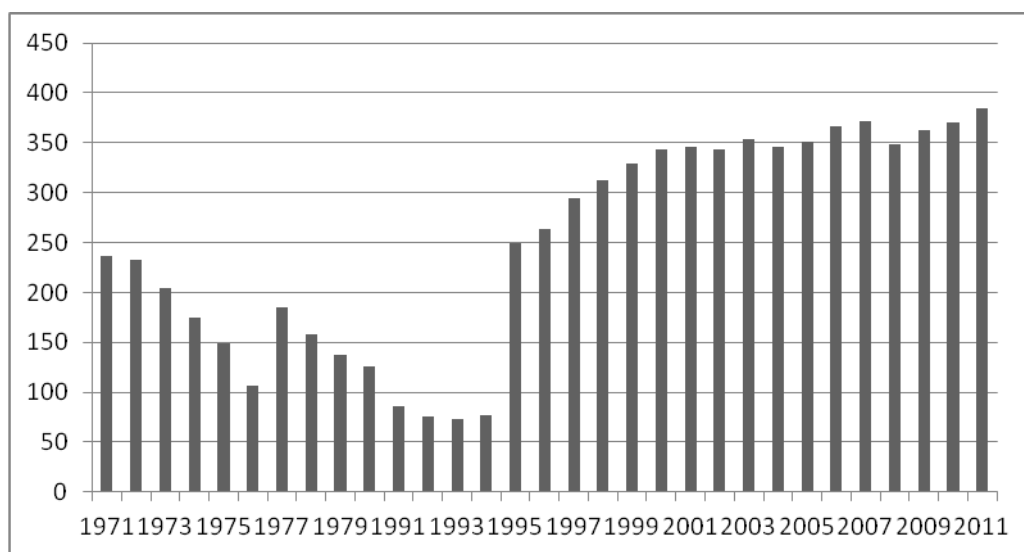
Na vrcholu Děvín se nachází stejnojmenný hrad z roku 1250, který se řadí k národním kulturním památkám. První písemná zmínka o samotném Hamru je z roku 1322 o části obce Útěchovice a o rodu Blektů. V 16. století zde byl vybudován mlýn a několik hamrů na zpracování železné rudy a podle nich později dostala celá obec svůj název. Následně v 19. století se Hamr na Jezeře zapsal jako lázeňská a rekreační obec. To však ve druhé polovině 20. století skončilo po objevu uranové rudy.

V Hamru byly vyhloubeny dva doly, Hamr I a Hamr II. Důl Hamr II nebyl nikdy otevřen a v roce 1988 byla zahájena likvidace. Těžba uranu na dole Hamr I probíhala v letech 1972 až 1993. Důl spolu s odkalovacími nádržemi zdevastoval severní část obce. V roce 1994 byla těžba zastavena a v roce 1995 byl důl dán do likvidace.

V dole Hamr I bylo vyhloubeno asi 68 km důlních chodeb, těžilo se do hloubky 160 m pod povrchem na ploše 12 km<sup>2</sup>. Těžba probíhala chemickým loužením za pomoci kyseliny. Vytěženo bylo zhruba 13 205,9 tun uranu, který byl následně zpracován v chemické úpravně ve Stráži pod Ralskem a později i v Mydlovarech. Po roce 1995 byly doly založeny hydrotuhnoucí základkou a postupně se zatápí.

Na grafu 1 je zobrazen vývoj počtu obyvatelstva v letech 1971 až 2011 (s výjimkou let 1980 – 1990). První pokles probíhal hned na počátku 70. let, kdy těžba uranu procházela převážně technickými problémy. Ke konci dekády je zaznamenán opět menší přírůstek. Avšak největší úbytek obyvatel nastal právě v době uzavření dolu Hamr I v letech 1993 až 1995, kdy odcházeli zaměstnanci uranových dolů za prací do jiných lokalit. Po ukončení těžby se Hamr na Jezeře snaží opět získat své původní využití jako podhorská rekreační oblast.

Graf 1: Vývoj počtu obyvatel 1971 – 2011 (ČSÚ 2012)





### **2.3. Křižany**

Obec Křižany se nachází asi 10 km západně od Liberce pod svahy Ještědsko-kozákovského hřbetu.

Předpokládá se, že obec vznikla ve 12. století, kdy přišli do kraje němci na pozvání české šlechty. Němci zde založili mnoho obcí, přičemž jedna z nich mohly být i Křižany. První zmínka o Křižanech pochází z roku 1352, tehdy její název zněl v překladu „vesnice Krisanova“. Od tohoto názvu je odvozován dnešní název obce.

V roce 1973 byly v rámci dolu Hamr I hloubeny dvě jámy, jáma č. 4 a jáma č. 5. Následně byla od roku 1979 vyčleněna z dolu Hamr I samostatná jednotka, důl Křižany I. Po vyhloubení jam v roce 1982 začala samotná těžba uranu, která pokračovala do roku 1990. Hloubka těžby byla 190 metrů pod povrchem na ploše o rozloze 13,7 km<sup>2</sup>. Bylo zde vyhloubeno 24,7 km horizontálních důlních děl. Po roce 1990 byl důl zatopen a částečně rekultivován.

### **2.4. Stráž pod Ralskem**

Průmyslové město Stráž pod Ralskem se nachází v údolí řeky Ploučnice mezi horou Ralsko a stejnojmenným vojenským výcvikovým prostorem.

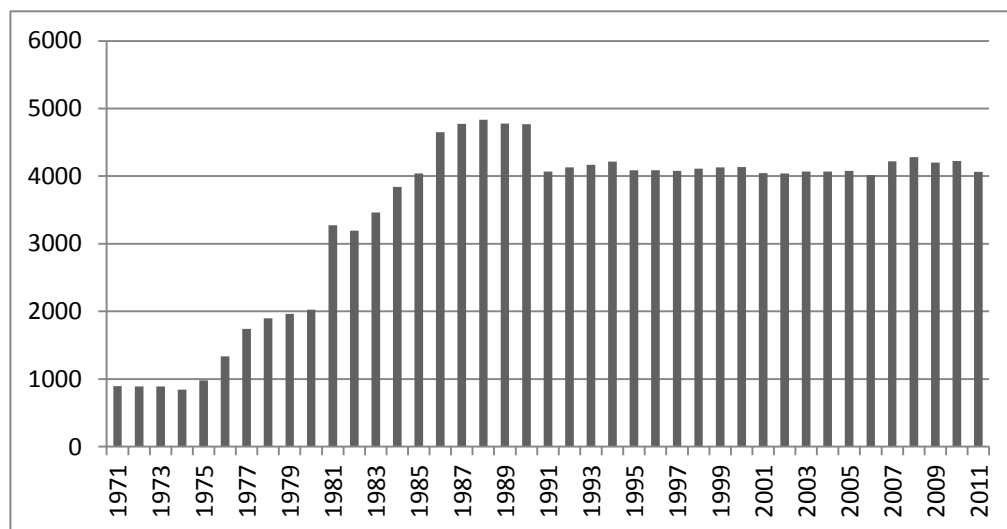
První zmínka o městě spadá do druhé poloviny 13. století z listiny krále Václava II., kdy byl vybudován hrad Wartenberg, a v podhradí vzniklo stejnojmenné město, které se překládalo jako Stráž. Další významný záznam je z dob husitských válek, kdy sirotci obsadili hrad, aby se ukryli před králem Zikmundem. Dále na zámku pobýval i císař Josef II. v době hrozby války mezi Rakouskem a Pruskem. Na přelomu 19. a 20. století se město pomalu měnilo v letovisko, což bylo přerušeno objevem uranu.

Ve Stráži pod Ralskem probíhala těžba v letech 1967 až 1997. Uran se dobýval chemickou těžbou podzemním loužením (tzv. in-situ loužením) s loužícím činidlem

kyselinou sírovou  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , a oxidační látkou kyselinou dusičnou  $\text{HNO}_3$ . Těžilo se do hloubky 220 metrů pod povrchem na ploše 24,1 km<sup>2</sup>. Bylo založeno 35 vyluhovacích polí o rozloze 700 ha. Od roku 1996 probíhají na ložisku sanační práce a rekultivace vyluhovacích polí. Stráž pod Ralskem je po ložisku Rožná jediným dalším producentem uranu na našem území. Avšak uran je zde získáván jako vedlejší produkt při sanačních pracích.

Následující graf (Graf 2) zobrazuje vývoj počtu obyvatelstva v letech 1971 až 2011. V první polovině 70. let se obyvatelstvo Stráže pod Ralskem pohybuje v počtu 846 až 983. Avšak v druhé polovině začíná obyvatel pomalu přibývat, což pokračuje až do roku 1988, kdy je v obci zaznamenáno 4 833 obyvatel. Během sedmnácti let se navýšila populace téměř o 4 000 lidí, což je srovnatelné s dnešním stavem. Tento náhlý nárůst byl způsoben převážně novou výstavbou bytových jednotek a migrací mladších obyvatel do lokace za prací. V 90. letech, kdy se objevil všeobecně trend uzavírání uranových dolů a postupně se ukončovaly práce i na dolech v lokalitách Hamr a Křižany, došlo opět k mírnému poklesu počtu obyvatel ve Stráži a dodnes se počet pohybuje okolo hranice 4 000 obyvatel.

Graf 2: Vývoj počtu obyvatel 1971 – 2011 (ČSÚ 2012)



### **3. POČÁTKY, PRŮBĚH A KONEC TĚŽBY V LOKALITÁCH HAMR, KŘÍŽANY, STRÁŽ POD RALSKEM**

#### ***3.1. Počátky a průběh těžby***

Na přelomu 50. a 60. let bylo objeveno uranové ložisko v oblasti Königsteinu a Pirny, která se nachází v Německu poblíž hranice s Českou republikou. Tento nález byl jeden z důvodů, který pomohl rozhodnout o zahájení průzkumu v severočeské křídě, jelikož geologické složení tamní oblasti bylo velmi podobné s naším územím.

Průzkum byl zahájen poblíž Děčína, nicméně výsledky byly negativní. První úspěchy byly zaznamenány až v roce 1963 v okolí Hamru. Během 60. let vzrostl počet vrtů téměř astronomickou rychlostí z pouhých 29 až na 578. Jednalo se tak o největší ložisko uranu v České republice.

V okolí Stráže pod Ralskem jsou pískovce, ve kterých se nacházejí podzemní vody, které se hromadí do dvou zvodněných vrstev pískovců. Toto od počátku představovalo problém pro odborníky ohledně hloubení průzkumných šachet. Hlavně vrstva spodní (tzv. cenomanský obzor), která byla neustále pod tlakem a silně radioaktivní, byla těžko zvládnutelná.

V roce 1966 se mohlo konečně začít těžit, ale ani to se neobešlo bez počátečních problémů. Vytěžená surovina vypadala jinak než v Jáchymově a v Příbrami a dokonce i jinak než v Königsteinu, a tak se odborníci z počátku potýkali s problémy, jak správně a efektivně rudu loužit.

Tyto potíže urychlily nešťastné rozhodnutí o získávání uranu pomocí tzv. loužení in-situ. Tento experimentální způsob zakrátko přinesl pozitivní výsledky. Zpočátku se dokonce zdálo, že i po finanční stránce je to daleko výhodnější než klasickou hornickou těžbou. Proto i mnoho ekonomů podporovalo rozšíření hydrochemické těžby bez ohledu na možné poškození životního prostředí.

Po roce 1968, kdy se dostavilo normalizační období, řada pracovníků v těžebním průmyslu emigrovala. Pro lokality v okolí Stráže pod Ralskem toto období znamenalo vysoké státní dotace na těžbu a úpravu uranu a také dotace pro výstavbu bytových jednotek v Liberci, Stráži pod Ralskem a České Lípě. V této době se těžba uranu v lokalitách Hamr, Křižany a Stráž pod Ralskem dostala na vrchol své slávy.

### **3.2. Ukončení těžby**

V 70. letech se začaly v okolí Hamru objevovat různé problémy, převážně ekologické a technické. Například došlo ke kontaminaci pitné vody ve Stráži, hrozilo provalení vody v dolech, či přečerpávaná podzemní voda se nedařila dokonale vyčistit a byla vypouštěna s radioaktivními stopami apod. Těžba se tak stávala stále nákladnější. S výjimkou záchrany životního prostředí se většinu problémů nakonec podařilo vyřešit. Nastala tak další fáze těžby, která byla podpořena novou výstavbou bytových jednotek v okolí ložisek a migrací mladších věkových ročníků.

To ale ani to nezastavilo vývoj v 80. letech, který výrazně negativně ovlivnil následující uranovou těžbu. V roce 1985 Sovětský svaz ukončil jaderné pokusy a tak i skončil jejich zájem o uran. Nedalo se ani uvažovat o masivním vývozu na západ, jelikož byla objevena rozsáhlá kvalitní ložiska v Kanadě a v Austrálii. Tyto ložiska se nacházela hned pod povrchem a jejich těžba byla daleko ekonomičtější. A k tomuto stavu i napomohla havárie v Černobyli v roce 1986.

Všechny události pomohly k postupnému ukončení těžby uranu v severočeské oblasti, ke kterému došlo postupně ve všech třech lokalitách v rozmezí let 1990 až 1996. Tím skončila i těžba na ložiskách pískovcového typu.

## **4. SANAČNÍ PRÁCE – ZÁTĚŽE, RIZIKA, POLITIKA, VÝSLEDKY**

### **4.1. Zátěže těžby uranu**

Ve zkoumané lokalitě se dobýval uran chemickou těžbou ISL. Tato technologie dobývání uranu se od počátku příliš nezměnila a patří k nejnebezpečnějším ohledně životního prostředí. Jelikož zájem o ochranu přírody byl druhořadý ze strany SSSR, přizpůsobil se tomu i uranový průmysl u nás. První změny nastal až 70. a 80. letech. V této době vznikl Vývojový a výzkumný ústav Československého uranového průmyslu a poprvé se začala řešit ekologická problematika. V různých materiálech o Stráži pod Ralskem se uvádí, že se za celou dobu těžby do země dostalo 4,353 mil. tun chemikálií, kontaminovaly se podzemní vody o objemu asi 260 miliónů kubíků na území o rozloze zhruba 28 km<sup>2</sup> (Vznik a cíle o.s. Občanské sdružení Naše Podještědí 2011).

Nejtypičtější zátěží po těžbě uranu je znečištění životního prostředí, které začíná už samotnou stavbou budov a těžebních strojů. Jedná se o obrovské areály rychle vybudované ve 40. a 50. letech. Po vytipování lokací možného výskytu uranu se prováděly průzkumné vrty. Jakmile byl zjištěn pozitivní výsledek na obsah uranu, začalo se s okamžitou výstavbou těžebního areálu. Tedy od zabezpečení dolů, těžební techniky, po různé kancelářské či ubytovací budovy. Vše se dělo bez ohledu na to, v jaké přírodní lokalitě se ložisko nachází a byla zdevastována rozsáhlá území. Škoda nebyla napáchána jenom plošně při výstavbě areálu, ale také ve spotřebě energie a v použitých materiálech. Tehdy ještě nebyly známy všechny nebezpečné látky, které se používaly při stavbách (např. azbest), což ohrožovalo nejen životní prostředí, ale i zdraví lidí.

Od počátku 90. let se ohledně těžby uranu a s tím spojené zátěže na životní prostředí převážně uvádí znečištění povrchových i podpovrchových vod a půdy. Jednak přímo při těžbě, kdy zůstává kyselina sírová v podzemních vodách a horninách, nebo při

úpravě uranových rud a následně z odkalovacích nádrží, odkud mohou nebezpečné látky například prosakovat či být odváty.

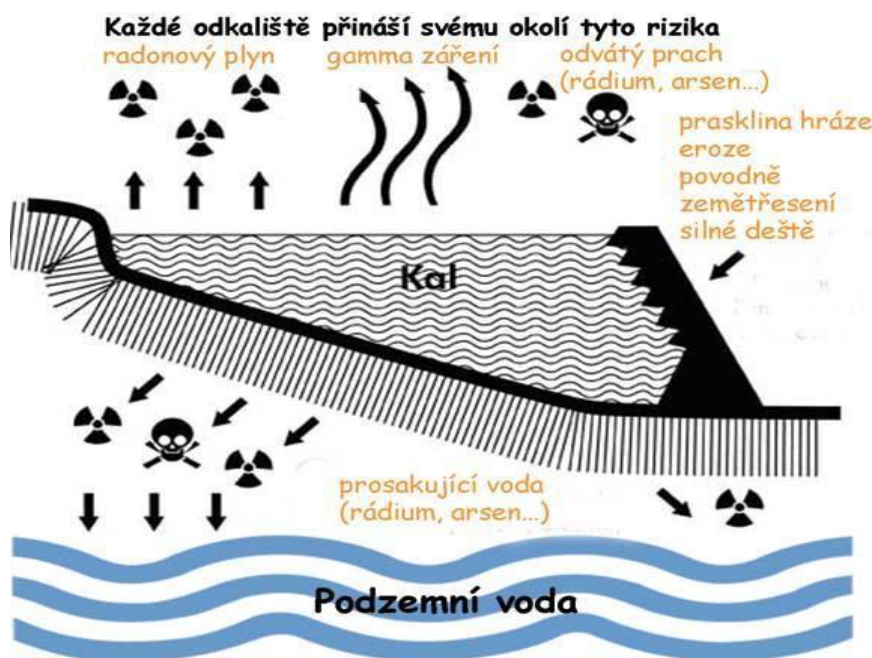
Uranová lokalita v okolí Stráže pod Ralskem se nachází na pískovcích. Ty obsahují podzemní vodu, která se nachází ve dvou vrstvách oddělených nepropustnou jílovou vrstvou. Jedná se o svrchní tzv. turonský a spodní tzv. cenomanský obzor (Lepka 2004, s. 60, 61). Aby se mohlo v těchto místech těžit, je nutné snižovat hladiny podzemních vod a odčerpávat je do potoků, řek či jezer. Během těžby uranu se uvolnilo do těchto podzemních vod cca 4 100 kt kyseliny sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), z čehož asi 800 kt je ve formě volné kyseliny sírové a zbytek zreagoval s horninou, dále se do podzemních vod dostalo 312 kt kyseliny dusičné ( $\text{HNO}_3$ ), 12 kt amoniaku ( $\text{NH}_3$ ), 27 kt fluorovodíku ( $\text{HF}$ ) a 1,5 kt kyseliny chlorovodíkové ( $\text{HCl}$ ). Způsobilo to kontaminaci asi 80 m<sup>3</sup> v obzoru turonském a 186 mil. m<sup>3</sup> v cenomanském obzoru (Odbor ekologie ředitelství státního podniku DIAMO 2010, s. 12). Z důvodu velkého objemu vod se nepodařilo dostatečně vyčistit přečerpávanou vodu, a tudíž do roku 1989 došlo v dolu Hamr k zamoření sedimentů řeky Ploučnice a záplavového území v délce zhruba 30 km až k ústí do Labe. Uvádí se, že kontaminované území zaujímá plochu velikosti až 6 768 ha (Sequens 2000).

Po vytěžení rudy nastává další fáze a to je její chemická úprava. Tímto způsobem se z rudy uvolní nejen uran, ale i všechny ostatní složky a tak musí být uran oddělen iontovými výměníky. V úpravně je největším nebezpečím právě radioaktivní prašnost. A i po ukončení těžby a následném odstranění úpraven, nebezpečí stále pokračuje kvůli velkému množství kontaminovaného šrotu, který se musí dobře a bezpečně skládkovat.

Po vytěžení rudy a její následné chemické úpravě, se odpady ve formě kalu odvádí do odkališť. Odkaliště jsou obrovské nádrže plné zamořeného bahna. Tyto kaly obsahují zbytky uranu a další zbytky rudy. Tudíž asi ještě 85 % radioaktivních látek, převážně thorium a radium. Jelikož ani úprava uranové rudy není ještě dokonale technicky zvládnutá, není možné získat z rudy všechnen uran, po chemické úpravě

obsahuje kal ještě 5 až 10 % uranu. To může způsobit nejen riziko průsaku radioaktivních a toxických látek do půdy a podzemních vod, ale i ovzduší z radonového plynu, gama záření či odváťého prachu (viz. Obrázek 2).

Obrázek 2: Odkaliště



Zdroj: Voda a Uran v ČR. In: *Občanské sdružení Naše Podještědí* [online]. 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: [http://www.nasepodjestedi.cz/?page\\_id=1079](http://www.nasepodjestedi.cz/?page_id=1079)

Dalším, velmi důležitým problémem při těžbě uranu, je dopad na lidské zdraví. Za celou historii těžby v ČR pracovalo v uranových dolech desítky tisíc lidí. Jednalo se o horníky i politické vězně, kteří pracovali v dolech v Příbrami a v Jáchymově. Dlouhodobá práce způsobila u většiny trvalé poškození zdraví či dokonce až smrt. Podle výzkumu uranových horníků a jejich onemocnění rakovinou plic, ze 4 043 horníků, pracujících v dolech v letech 1948 až 1968 minimálně po dobu deseti let, onemocnělo celkem 484 lidí do roku 1980. To následně vedlo k předčasné smrti. Uvádí se, že to bylo o 387 lidí více, než se očekávalo. Onemocnění od počátku těžby

až do smrti trvalo průměrně 19 let (Ševc J. a kol 1993). Rakovina plic však nebyla jediným onemocněním, kterým horníci v dolech trpěli. Jednalo se například o rakovinu kůže, která se nevyskytla u horníků těžících uhlí (Sequens 2000).

Všechny zátěže na lidské zdraví, jež jsou spojeny s těžbou uranu, se netýkají jen horníků. Vzduch v dolech obsahující nebezpečné látky, jako je například radon a prach, je odsáván ventilací, čímž se udržuje na povolené úrovni, avšak tento nebezpečný materiál je vypouštěn do ovzduší. Kontaminanty se dostávají i do potravin pěstovaných v blízkém okolí a tím je ohroženo i obyvatelstvo žijící v blízkosti uranových dolů. Nebezpečí přetrvává i po skončení práce na dolech.

Riziko ohrožení lidského zdraví pokračuje i po těžbě v okolí úpraven uranové rudy a u nich vznikajících odkališť. Americká agentura ochrany životního prostředí (EPA) určila riziko onemocnění rakovinou plic pro obyvatele v blízkosti otevřeného odkaliště s plochou 80 ha (odkaliště v Dolní Rožínce mají celkem 90 ha). Jsou jimi 2 nemocní na 100 obyvatel, což jsou 2 % rizika onemocnění. Toto onemocnění způsobuje hlavně radioaktivní plyn radon 222, jelikož se rychle šíří vzduchem a zatěžuje okolí dávkami záření (viz. Obrázek 2). I přes to, že tyto dávky jsou malé, nejsou zanedbatelné z důvodu velkého množství postižených. V okolí Jáchymova byly naměřeny vysoké hodnoty radonu v bytech, obdobně tomu bylo i u Příbrami. Lidé jsou tak záření neustále vystavováni.

## **4.2. Politika**

Podle Ministerstva průmyslu a obchodu a Ministerstva životního prostředí se uran jakožto radioaktivní nerost řadí do nerostů vyhrazených, proto se na něj vztahují předpisy o horním právu.

Státní orgán, který vykonává hlavní dozor nad veškerou horní činností, se nazývá Český báňský úřad. Jedná se o nejstarší historicky doložený státní orgán na území České republiky. Od roku 1988 vyšly tři zákony týkající se i těžby uranu. Tyto



zákony následně prošly ještě několika změnami a k 20. Dubnu 2012 jsou stále platné.

Jedná se o:

- **Zákon č. 44/1988 Sb.**, o ochraně a využití nerostného bohatství, (horní zákon), ve znění zákona ČNR č. 541/1991 Sb., zákona č. 10/1993 Sb., zákona č. 168/1993 Sb., zákona č. 132/2000 Sb., zákona č. 258/2000 Sb., zákona č. 366/2000 Sb., zákona č. 315/2001 Sb., zákona č. 61/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., zákona č. 150/2003 Sb., zákona č. 3/2005 Sb., zákona č. 386/2005 Sb., zákona č. 186/2006 Sb., zákona č. 313/2006 Sb., zákona č. 296/2007 Sb., zákona č. 157/2009 Sb., zákona č. 227/2009 Sb., zákona č. 281/2009 Sb. a zákona č. 85/2012 Sb.
- **Zákon ČNR č. 61/1988 Sb.**, o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění zákona ČNR č. 425/1990 Sb., zákona ČNR č. 542/1991 Sb., zákona č. 169/1993 Sb., zákona č. 128/1999 Sb., zákona č. 71/2000 Sb., zákona č. 124/2000 Sb., zákona č. 315/2001 Sb., zákona č. 206/2002 Sb., [úplné znění č. 408/2002 Sb.], zákona č. 150/2003 Sb., zákona č. 226/2003 Sb., zákona č. 227/2003 Sb., zákona č. 3/2005 Sb., zákona č. 386/2005 Sb., zákona č. 186/2006 Sb., zákona č. 313/2006 Sb., zákona č. 342/2006 Sb., zákona č. 296/2007 Sb., zákona 376/2007 Sb., zákona č. 124/2008 Sb., zákona č. 189/2008 Sb. a zákona č. 274/2008 Sb., zákona 223/2009 Sb., zákona č. 227/2009 Sb., zákona č. 281/2009 Sb., zákona č. 155/2010 Sb., zákona č. 184/2011 Sb. (§ 25f odst. 2 účinný od 1. 1. 2014), zákona 375/2011 Sb. a zákona č. 18/2012 Sb. (účinnost od 1. 1. 2013).
- **Zákon č. 157/2009 Sb.**, o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů

Tyto zákony jsou ještě doplněny řadou vyhlášek, např. vyhláška o hospodárném využívání výhradních ložisek, o povolávání a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem z roku 1988 či vyhláška

o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí z roku 1989.

Všechny tyto zákony a předpisy ztrácely svůj smysl po roce 1989, když nastala změna politické situace. Byly proto obnovovány řadou novel, ale jejich původní koncept zůstal stejný. Zákony se zabývaly efektivním vydobytím ložiska a bezpečností práce, avšak už tolik nepřihlížely k problémům s lidským zdravím či životnímu prostředí.

Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) se zabývá hospodárností dobývání nerostů při vyhledávání, průzkumu, otevírání a dobývání ložisek, také se zabývá výstavbou dolů a lomů či bezpečností provozu a ochranou životního prostředí při těžbě nerostů. Tento zákon navíc definuje chráněná ložisková území (CHLÚ), na jehož základě byl vyhlášen CHLÚ v lokalitě Kotel-Osečná, která se nachází v Libereckém kraji.

Zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě zpracovává Evropské předpisy a upravuje hornickou činnost, podmínky bezpečnosti pro nakládání s výbušninami a výbušnými předměty, podmínky ochrany zdraví při hornické činnosti a bezpečnost provozu pracovního prostředí. Také upravuje organizaci a působnost orgánů státní báňské správy.

Zákon č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů opět zpracovává Evropské předpisy a upravuje pravidla pro nakládání s odpady z těžby, pravidla pro zakládání skládek či pravidla pro předcházení škodám na životní prostředí a lidské zdraví způsobené těžbou nerostů. Dále se snaží regulovat vlivy na vodu, ovzduší, půdu, rostliny, živočichy a krajinu, které mohou být způsobeny těžbou.

### **4.3. Výsledky sanačních prací**

#### **Průběh sanačních prací**

V 90. letech se objevila otázka ochrany přírody. Po výzkumech zátěže těžby uranu, byli výsledky katastrofické. Rozhodlo se o zahájení sanačních prací. Jde o technickou práci, která omezí nebo zcela odstraní zátěže na životním prostředí vzniklé po těžbě nerostných surovin. Největší péče je věnována vodě.

V oblasti Stráže pod Ralskem operuje státní podnik DIAMO. Jeho práce zde začala už v roce 1988 likvidací dolu Hamr II a následně i dolu Křižany. V roce 1993 byla zastavena i těžba na dole Hamr I a důl byl zakonzervován. Jako poslední, v roce 1997, byl dán do likvidace i důl ve Stráži pod Ralskem.

Velký důraz je zde kladen na podzemní vody v turonském a cenomanském obzoru. Ve Stráži pod Ralskem se do roku 1994 vtlačovala do technologických roztoků kyselina sírová v rámci chemické těžby a s její pomocí se na povrch dostával uran. Dnes se vtlačuje kyselina také a stále se uran získává, ale jen jako důsledek sanačních prací. Během osmi let se koncentrace vtlačované kyseliny sírové snížila na pouhé 4 g/l z 25 g/l a koncentrace získaného uranu na 25 mg/l z 40 mg/l. Uran je získáván jako součást technologických roztoků, které jsou čerpány z podzemí a následně po oddělení uranu čištěny v odparcích. Z takto upravených roztoků se oddělí čistý produkt, jenž je vypouštěn zpět do Ploučnice.

Od roku 1999 funguje technologická linka krystalizace, díky které se z technologických roztoků získává kamenec hlinitoamonný či síran hlinitý pro komerční využití. Tímto je vráceno zpět do podzemí méně rozpuštěných složek z roztoků.

V roce 2008 byla ve Stráži vybudována technologie na zpracování matečných louhů, která má řešit problémy s vrácením chemických roztoků zpět do podzemí (Sdružení Calla 2008). Sanace ve Stráži by měla podle odhadů trvat ještě dalších 30 let.

## **Analýza rizik**

Pod pojmem analýza rizik se většinou rozumí definování hrozeb a pravděpodobnost jejich uskutečnění. Tedy určení rizik a jejich závažnosti.

28. 5. 2010 dostala společnost DIAMO z odboru ekologických škod Ministerstva životního prostředí povolení k závěrečné zprávě analýzy rizik pro areál Centrální dekontaminační stanice, areál Dolu Hamr I – Jáma č. 3, areál Dolu Hamr I – Sever, areál Chemické úpravy a areál Dolu Křižany I (Varga 2010). Tímto rozhodnutím mohl být ukončen tříletý výzkum, který analyzoval rizika těžby uranu v lokalitě Stráž pod Ralskem a jejího okolí.

Toto povolení k závěrečnému zhodnocení analýzy rizik bylo zpracováno k Operačnímu programu Životní prostředí. Cílem programu je ochrana a zlepšování kvality životního prostředí. K tomuto úkonu má k dispozici finance z Fondu soudržnosti a Evropského fondu pro regionální rozvoj, kterými podporuje konkrétní projekty v sedmi oblastech. Jednou z těchto oblastí (prioritní osa 4) je i dotace pro odpadové hospodářství a odstraňování starých ekologických zátěží. Operační program Životní prostředí financuje analýzu rizik z celých 85 % uznatelných nákladů. Dále Státní fond životního prostředí České republiky financuje 5 % uznatelných nákladů a státní rozpočet České republiky 10 % uznatelných nákladů.

Cílem práce analýzy rizik bylo zajistit podklad pro řešení ekologické zátěže. Tato práce probíhala ve dvou částech. V první byla provedena technická inventura všech objektů a ploch, aby se zjistilo, v jakém stavu se nacházejí a kde se nachází potenciální ohnisko znečištění. A následně bylo provedeno radiometrické měření. Na základě zjištěných výsledků byla navržena druhá část, která obsahovala terénní a laboratorní práce upřesňující rozsah znečištění. Jejichž postup byl následující: vrtání mělkých průzkumných vrtů, nevystrojených vrtů do hloubky asi 10 metrů a průzkumných hydrogeologických vrtů do hloubky asi 20 metrů, dále odběr vzorků z podzemních, povrchových a odpadních vod, odběr vzorků olejů, stavebních

konstrukcí, zemin, dnových sedimentů, hydrodynamické zkoušky, geodetické a laboratorní práce pro stanovení kontaminace.

Všechny testy určily míru znečištění ve zkoumaných areálech. Jako hlavní znečištění zde byla u všech zaznamenána především kontaminace radionuklidy.

U centrální dekontaminační stanice, nacházející se v uranové lokalitě Stráž pod Ralskem, bylo navíc zjištěno i znečištění ropnými uhlovodíky a některými těžkými toxickými kovy, převážně baryem. Z celého areálu lze vymezit čtyři hlavní znečištěné oblasti radionuklidy. Další znečištění jsou pro člověka málo významná, avšak škodlivost není vyloučena pro životní prostředí, obzvláště u staveb. U povrchových vod není kontaminace zjištěna, sedimenty byly objeveny jen u jednoho vzorku. Výsledky průzkumu ukazují, že existuje možnost poškození zdraví z ozáření v případě budoucího využití území. V celém areálu, který je znečištěný radionuklidy či jinými kontaminanty, bylo doporučeno zahájit sanační práce. Tedy kontaminované budovy odstranit demolicí a následně stavební materiál zneškodnit a znečištěnou zeminu odstranit či zakrýt netečnou vrstvou půdy. Celkově je ohrožení v areálu centrální dekontaminační stanice nízké, ale hrozí únik znečištění do okolního prostředí.

Druhým zkoumaným areálem by Důl Hamr I – Jáma č. 3. Zde bylo také zjištěno znečištění ropnými uhlovodíky a některými těžkými toxickými kovy (baryem). Největší znečištění bylo zjištěno v některých stavbách. V okolí šachetní budovy a jihozápadní části areálu Dolu Hamr I byl zjištěn větší počet drobných ohnisek kontaminace. V severní části byly nalezeny tři oblasti ohnisek znečištění. V ostatních částech se nacházeli kontaminované části už v menším rozsahu. Znečištění zemin ropnými uhlovodíky se nacházelo jen na místech v blízkosti dvou kontaminovaných budov. Ostatní znečištěné zeminy nejsou významné pro člověka, však pro životní prostředí můžou být. Kontaminace vod nebyla zjištěna. Dále byla rizika zhodnocena a na základě toho stanoveno jisté riziko ovlivnění zdraví při využití zkoumaného

areálu. Bylo tedy vyhodnoceno, že je nutné zahájit i zde nápravná opatření stejně jako u areálu centrální dekontaminační stanice.

V areálu Dolu Křižany I bylo opět kromě kontaminace radionuklidy zjištěno i znečištění ropnými uhlovodíky a některými těžkými a toxickými kovy, v tomto případě především arzenem, mědí a olovem. Největší znečištění bylo zjištěno ve stavebních objektech a to radionuklidy a ropnými uhlovodíky. Kontaminace půdy radionuklidy byla zjištěna skoro v celém areálu, ohledně jiných kontaminantů je už riziko ohrožení zdraví či životního prostředí hodnoceno jako málo významné. Znečištění podzemních vod nebylo zjištěno, kromě zvodně v blízkosti skladu hořlavin. Avšak i toto znečištění bylo zhodnoceno jako nevýznamné. Z výsledků průzkumu bylo zjištěno negativní ovlivnění zdraví z vnějšího ozáření či kontaminace radionuklidy u budov v případě práce na demolici a v případě pobytu na kontaminovaném místě. Znečištěné objekty a území opět vyžadují sanační práce, jelikož největším rizikem na území je proniknutí kontaminantů do okolního prostředí.

Dalším zkoumaným areálem byl areál Chemické úpravny, který je opět kromě radionuklidů znečištěn ropnými uhlovodíky, v některých budovách je i zvýšený obsah PCB, xylenu a některých zástupců polyaromatických uhlovodíků. U budov a území, které se používaly k nakládání s uranovou rudou, byla zjištěna kontaminace celoplošná. Též byla zjištěna kontaminace podzemní vody radionuklidy a ropnými uhlovodíky. Riziko ohrožení souvisejících složek životního prostředí kontaminací vody nebylo zjištěno. Avšak bylo opět prokázáno riziko ovlivnění zdraví a okolního prostředí v případě budoucího využití budov. Proto opět byla navržena nápravná opatření. Pro sanaci půdy se doporučuje řešit odtěžbou či překrytím, pro stavby demolice a odstranění stavebního materiálu na místa, která jsou k tomuto určená. Ohledně podzemní vody je doporučeno po dobu minimálně tří let pravidelné ověřování množství kontaminace.

Poslední zkoumané území je areál Dolu Hamr I – Sever. Po radionuklidech je závažné znečištění v areálu způsobeno ropnými uhlovodíky. Kontaminace

radionuklidy je skoro celoplošná. Ohledně ostatních kontaminantů je znečištění zemin jen na třech místech. U budov byla prokázána obrovská kontaminace ropnými látkami. Zjištěno bylo i znečištění podzemních vod jak ropnými uhlovodíky, tak i radionuklidy. Opět existuje možnost znečištění prostředí i ohrožení zdraví lidí a proto území vyžaduje nápravná opatření, která přispějí ke snížení zdravotních i ekologických rizik.

Celá zpráva „Analýza rizik ve správě DIAMO s. p., o. z. TÚU Stráž pod Ralskem zasažených hlubinnou těžbou uranu – závěrečné zhodnocení“ vyhodnocuje a navrhuje způsob sanačních prací.

### **Náklady na sanační práce**

Jaderná energetika bývá považována za jednu z nejekologičtějších kvůli jejímu minimálnímu dopadu na životní prostředí. Avšak často se zapomíná, že pro její zprovoznění je nutná těžba uranu, která vyžaduje velké investice a čištění vytěžených ložisek.

V rámci obnovy životního prostředí v uranových lokalitách Hamr, Křižany a Stráž pod Ralskem byly náklady na odstranění zátěží rozděleny následovně (Odbor ekologie ředitelství státního podniku diamo 2010):

Tabulka 7: Náklady na sanační práce na ložisku Hamr

Likvidace a sanace lokality (1990 – 2001)	7 180,2 mil Kč
Dokončení likvidace a sanace, monitoring a údržba jsou zahrnuty v rámci nákladů na lokalitu Stráž pod Ralskem	- - -

Tabulka 8: Náklady na sanační práce na ložisku Křižany

Likvidace a sanace lokality (1990 – 2003)	53,1 mil. Kč
Dokončení likvidace a sanace je zahrnuto v rámci nákladů na lokalitu Stráž pod Ralskem	- - -

Tabulka 9: Náklady na sanační práce na ložisku Stráž pod Ralskem

Likvidace a sanace lokality (1990 – 2005)	5 612,9 mil. Kč
Dokončení likvidace a sanace lokality, čerpání, čištění vod, monitoring, údržba (2006 – 2040)	40 011,0 mil. Kč
Celkem (1990 – 2040)	45 623,9 mil. Kč



## **5. BUDOUCNOST LOKALIT HAMR, KŘÍŽANY, STRÁŽ POD RALSKEM**

### **5.1. Sanační práce**

V lokalitě Stráž pod Ralskem stále probíhají sanační práce, které by měly pokračovat zhruba do roku 2040.

V minulosti státní podnik DIAMO zápolil s nedostatkem financí ze státního rozpočtu na zahlazování škod po chemické těžbě uranu v dané lokalitě. Z tohoto důvodu vláda ČR dala za úkol ministru financí a ministru průmyslu a obchodu nalézt možnost jak zajistit dostatek finančních prostředků na sanační práce. Na základě zpracování aktualizace analýzy rizik v roce 2010 se vláda usnesla na odděleném financování nákladů a výdajů z prodeje privatizovaného majetku a výnosů získaných účastí státu v obchodních společnostech. Uvolňování financí a postup sanačních prací se bude odvíjet od výsledků aktualizace analýzy rizik, které bude vyhodnocováno pravidelně po pěti letech. Veškeré závěry byly zaneseny do dokumentace Plánu likvidace vyluhovacích polí v dobývacím prostoru Stráž pod Ralskem. Po schválení této dokumentace a schválení cílů sanačních prací ve Stráži pod Ralskem byl vytvořen Technický a sociální projekt likvidace uranového průmyslu, aktualizace č. 3, který plánuje postup zahlazovacích prací do roku 2042.

Dne 11. ledna 2012 bylo schváleno vládou České republiky financování nákladů a výdajů sanace po chemické těžbě. Pro období 2012 – 2042 bylo uvolněno 32 mld. Kč.

Podle schváleného plánu se očekává ukončení sanačních prací v horninách do roku 2037, ohledně povrchových staveb a technologií do roku 1942.

Sanační práce spočívají v přečerpávání technologických roztoků, které jsou čištěny v chemických stanicích, v likvidaci kyselých roztoků (SLKR I) a v použití neutralizační a dekontaminační technologie (NDS 6, NDS 10) a technologie pro

zpracování matečných louhů (ZML). Ukončení provozu SLKR I se plánuje v roce 2030, ukončení ostatních technologií až v roce 2037, po ukončení sanace. NDS 10 bude spuštěna ještě v roce 2012, jelikož zbytek sanačních zařízení má být odstaven, aby mohlo dojít k rekonstrukci SLKR I. Po opětovném zprovoznění se zpracuje až 5,2 mil. m<sup>3</sup> technologických roztoků z cenomanského a tuonského obzoru. Z tohoto množství se vyprodukuje až 140 000 tun kontaminantů ročně.

Po roce 2018 množství kontaminantů klesne, tím se zvětší potřeba dalších technologií, které zpracují vyšší množství technologických roztoků. Plánuje se spuštění druhé linky stanice NDS 10. V následujícím roce se plánuje uzavření hydraulické bariéry. Do zbytku technologických roztoků budou vtlačovány alkalické roztoky, čímž se bude postupně upravovat pH přímo v cenomanském obzoru a upravovat podpovrchové vody i po ukončení sanační práce. Celkem se plánuje, že bude z hornin vyčerpáno z cenomanské vrstvy 3,140 mil. tun kontaminantů a z tuonské vrstvy 10 000 tun kontaminantů.

Zároveň s čištěním hornin budou odstraněny i nevyužívané povrchové stavby. V roce 2012 bude zahájena likvidace Centrální dekontaminační stanice, areálu Dolu Hamr I a Dolu Křižany I, jenž by měla být ukončena již v roce 2013. Po roce 2015 bude následovat likvidace Dolu chemické těžby a technologie na vyluhovacích polích. Po roce 2037 začne odstranění zbylé technologie použité pro sanaci.

Během práce bude rovněž likvidováno 200 až 300 vrtů ročně, ke konci až 400 vrtů, aby nedošlo ke spojení cenomanské a tuonské vrstvy.

Podle veřejných plánů má následovat během a po ukončení sanačních prací rekultivace krajiny. Města Stráž pod Ralskem a Hamr plánují opět obnovu své rekreační činnosti a návrat k obytně rekreačnímu využití jako tomu bylo před těžbou.

## **5.2. Budoucnost těžby uranu**

Během posledních let opět vyvstala otázka, zda se rozšíří těžba uranu v ČR. Podle ředitele odštěpného závodu TÚU Stráž pod Ralskem se o rozšíření těžeb neuvažuje, avšak tento záměr je patrný z Aktualizace státní energetické koncepce z roku 2011. Zde se uvádí, že vzhledem ke světové spotřebě uranu je těžba ekonomicky zajímavá a také potřebná pro posílení pozice v oblasti jaderné energetiky. Pro tento účel je potřeba podpořit výstavbu zařízení na zpracování uranového koncentráту či prověřit možnost výstavby zařízení pro výrobu jaderného paliva. Vše v souladu s požadavky ochrany přírody a krajiny. Aby byly tyto vize splněny, je nutné prodloužit životnost ložiska Rožná, které je jediným těženým dolem v Evropě, či se pokusit zahájit těžbu na nových ložiskách. K tomu by mohly sloužit i rozsáhlé zásoby v severních Čechách.

Česká republika má kromě ložiska Rožná dalších sedm významných ložisek, přičemž pět z nich leží v Libereckém kraji. Ložisko s největší zásobou uranu se nachází přímo v Hamru.

Podle ministerstva průmyslu a obchodu lze možné rozšíření těžby připustit podle postoje Evropské komise, která se snaží podporovat členské země, aby využívaly domácí suroviny a snížili tak dovozní závislost Evropské unie.

Vše má zatím jen charakter úvah, jelikož se ozývá již mnoho hlasů proti. Ty argumentují tím, že by těžba byla ekonomicky nevýhodná a také stále probíhajícími sanačními pracemi v oblasti Stráž pod Ralskem, které mají skončit až v roce 2042.

Ministerstvo průmyslu a obchodu se naopak hájí tvrzením, že je potřeba podpořit výzkum nových technologií a těžby uranu, které by se daly v dané lokalitě použít a tím zcela snížit dopad na životní prostředí a lidské zdraví. Je tedy nepřijatelné, aby se opět používala metoda vyluhování pomocí kyseliny sírové. V oblasti Hamru jsou značně složité hydrogeologické podmínky. Těžba by bez snížení hladiny podzemních vod nebyla možná, což by mělo nepříznivý dopad na životní prostředí.

## ZÁVĚR

Po objevení radioaktivity uranu a možnosti jeho použití do jaderných zbraní i jako zdroj energie se masivně rozšířila těžba uranové rudy po celém světě. Největší rozkvět se dostavil na přelomu 70. a 80. let a v následujícím desetiletí následoval prudký útlum těžby, jenž byl následkem hned několika faktorů. Jednak byla ukončena tzv. studená válka a poklesla tak i cena uranu a také lidé začali více vnímat těžbou zničenou krajinu. Po roce 2004 nastal vlivem nárůstu cen uranu další rozmach těžby. Mnoho světových ložisek bylo opět prozkoumáno, a pokud to bylo ekonomicky přijatelné, následně i otevřeno.

Obdobný vývoj se objevil i na území České republiky. V 90. letech došlo k masivnímu uzavírání uranových ložisek. Těžba pokračovala pouze na ložisku Rožná, které mělo být uzavřeno okolo roku 2005. Avšak po nárůstu cen uranu ve světě vláda schválila, že ukončení těžby v dole Rožná bude odloženo na neurčito a bude se odvíjet od ekonomické výhodnosti.

Jedny z prvních uzavřených ložisek po roce 1990, byly i ložiska Stráž pod Ralskem, Hamr a Křižany na území Libereckého kraje. Jejich složitá geologická stavba umožňovala těžbu pouze chemickou metodou, tzv. loužením in-situ. Při této metodě byla jako loužící činidlo používána kyselina sírová, která byla vtlačována do hornin a uran postupně vylouhován na povrch. Dodnes v dané lokalitě probíhají sanační práce a mají pokračovat ještě následujících třicet let.

Poslední dobou se v rámci energetické soběstačnosti České republiky objevila i možnost budoucí těžby v dané lokalitě. Po prozkoumání celé problematiky je jisté jen pokračování sanačních prací a následná rekultivace krajiny. To zda se ve zkoumané oblasti opět obnoví těžba či ne, závisí jen na politické situaci v České republice i v EU a na rychlosti vývoje nových technologií.

## POUŽITÁ LITERATURA

- EDVARD SEQUENS. *Těžba uranu v České republice*. 2000. Dostupné z: [http://www.jihoceskematomy.cz/old/informations/uran\\_tezba.htm](http://www.jihoceskematomy.cz/old/informations/uran_tezba.htm)
- ENGELS, Siegfried; NOWAK, Alois. *Chemické prvky - historie a současnost*. 1. vyd. Praha: Stát. nakl. tech. lit., 1977. 367 s.
- Hamr. *DIAMO: státní podnik Stráž pod Ralskem* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/lokality-tuu/hamr>
- Historie města. *Stráž pod Ralskem* [online]. 2010 [cit. 2012-06-07]. Dostupné z: <http://www.strazpr.cz/?page=Mesto-Straz-pod-Ralskem,Historie-mesta>
- Historie obce. *Oficiální stránky Obce Hamr na Jezeře* [online]. © 2010 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://obechemr.cz/obec/historie-obce/>
- Historie obce Křižany. *Obec Křižany* [online]. 2010 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://obeckrizany.cz/historie-obce-krizany/d-1001/p1=52>
- Ilustrovaný encyklopedický slovník: III. díl Pro - Ž. Vydání 1. Praha: ACADEMIA, 1982. ISBN 505-21-856.
- Křižany. *DIAMO: státní podnik Stráž pod Ralskem* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/lokality-tuu/krizany>
- LEPKA, FRANTIŠEK. *Český uran 1945 - 2002: Neznámé hospodářské a politické souvislosti*. Vyd.1. Liberec: Libri, 2004, 250 s.
- MAJER, JIŘÍ. *Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. 1. vyd. Praha: Libri, 2004.
- Odbor ekologie ředitelství státního podniku DIAMO. *Environmentální zátěže ve správě DIAMO, s. p., Stráž pod Ralskem: INFORMAČNÍ MATERIÁL*. 7. doplnění. Stráž pod Ralskem, 2010.
- PAVEL VARGA. *Analýza rizik území ve správě DIAMO s. p., o. z. TÚU Stráž pod Ralskem zasažených hlubinnou těžbou uranu – závěrečné zhodnocení*. 2010.

- SDRUŽENÍ CALLA. *Uran: bude se u nás znovu těžit?*. 2008. ISBN 978-80-903910-5-5.
- Stráž pod Ralskem. *DIAMO: státní podnik Stráž pod Ralskem* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/lokality-tuu/straz-pod-ralskem>
- Surovinové zdroje České republiky: Nerostné suroviny 2011 [online]. 2011 [cit. 2012-05-29]. ISSN 1801-6693. Dostupné z: <http://www.geofond.cz/cz/onas/dokumenty/rocenka-surovinove-zdroje-cr-nerostne-suroviny>
- Ševc J. a kol.: A survey of the Czechoslovak follow-up of lung cancer mortality in uranium miners, In: *Health Physics* 64, 1993
- U.S. Environmental Protection Agency: Environmental Analysis of the Uranium Fuel Cycle, Part I, Fuel Supply
- Vznik a cíle o.s. Občanské sdružení Naše Podještědí [online]. 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: [http://www.nasepodjestedi.cz/?page\\_id=892](http://www.nasepodjestedi.cz/?page_id=892)
- What is uranium? How does it work?. *World Nuclear Association: Representing the people and organisations of the global nuclear profession* [online]. 2012 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/education/uran.htm>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

### **Seznam příloh:**

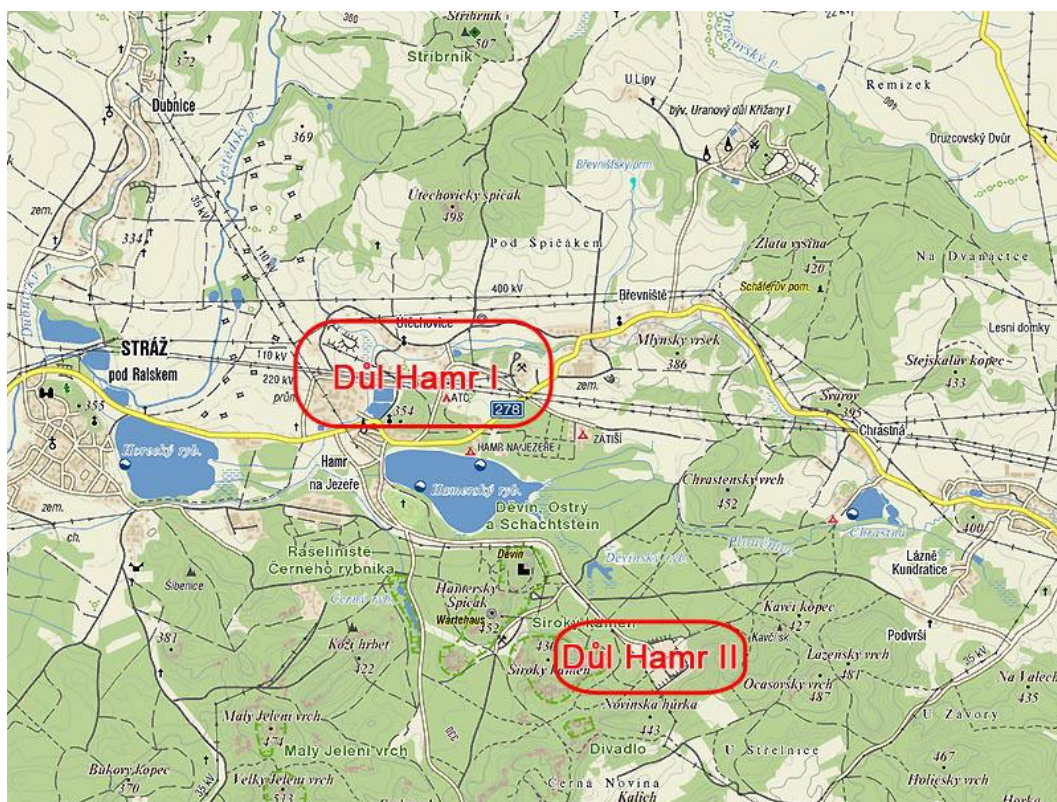
**Příloha č. 1:** Ložisko Hamr I a Hamr II

**Příloha č. 2:** Ložisko Křižany

**Příloha č. 3:** Ložisko Stráž pod Ralskem

## Příloha č. 1

Mapa 1: Ložisko Hamr I a Hamr II

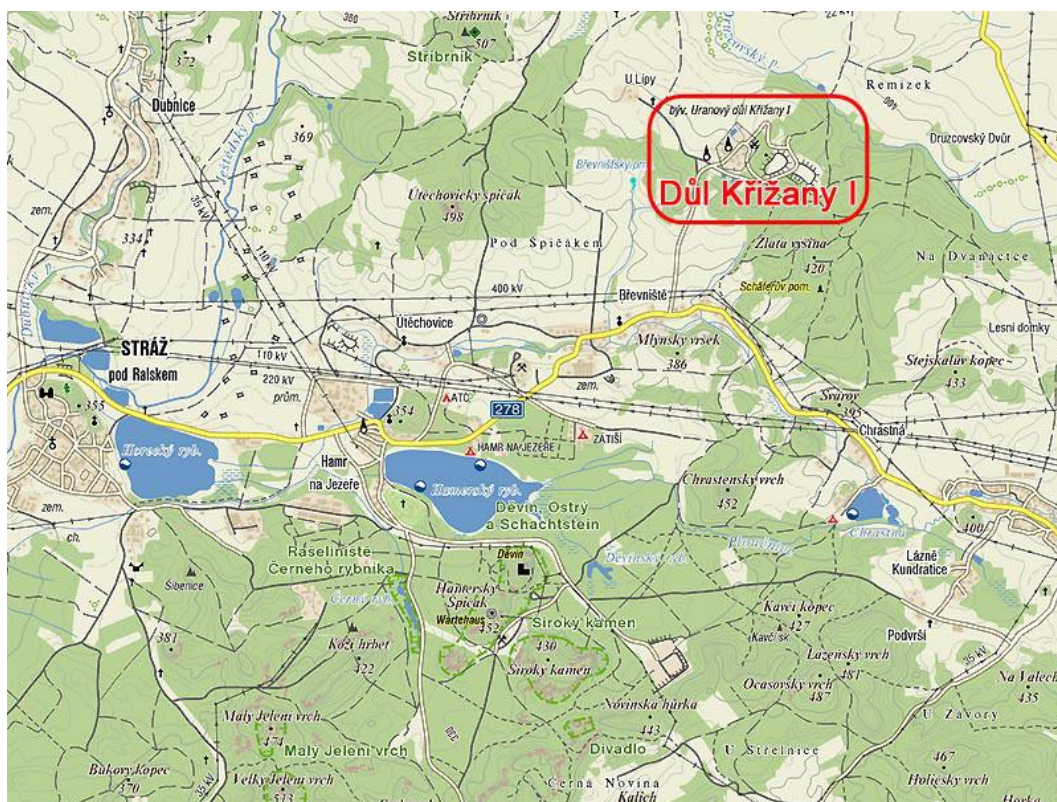


Zdroj: Lokalita Hamr na mapě. In: *DIAMO, státní podnik* [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/hamr>



## Příloha č. 2

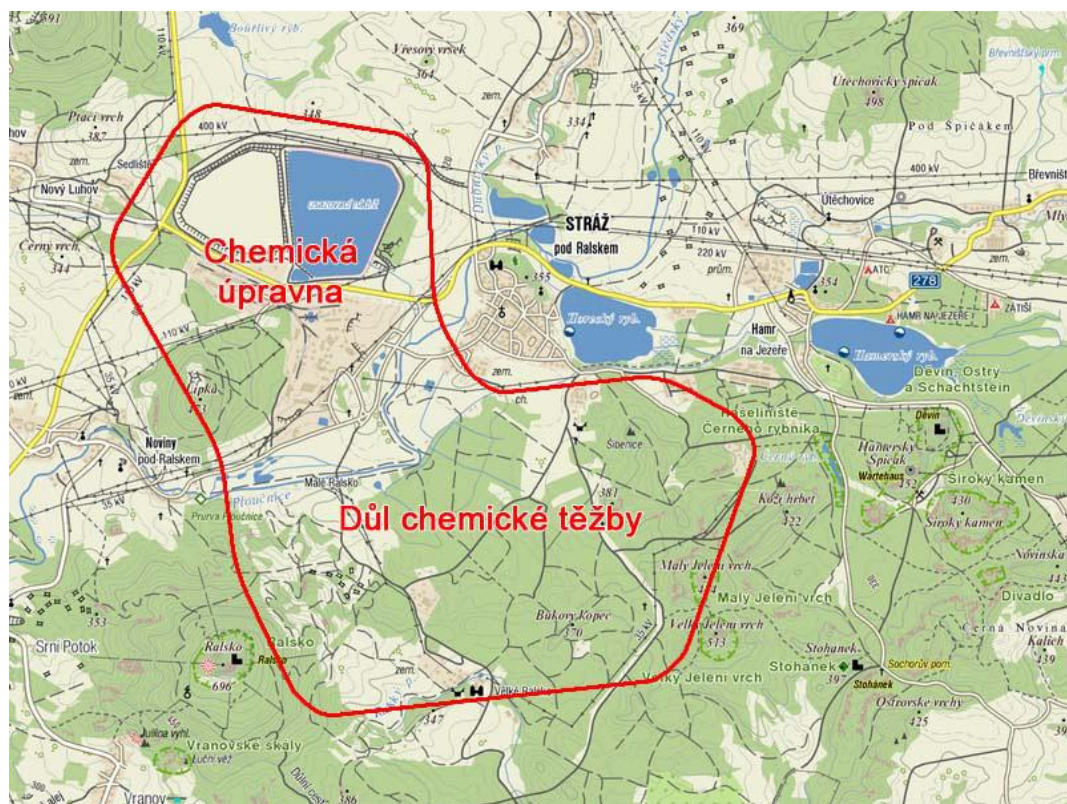
Mapa 2: Ložisko Křižany



Zdroj: Lokalita Křižany na mapě. In: *DIAMO, státní podnik* [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/krizany>

### Příloha č. 3

Mapa 3: Ložisko Stráž pod Ralskem



Zdroj: Lokalita Stráž pod Ralskem na mapě. In: *DIAMO, státní podnik* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/straz-pod-ralskem>